



Afonso Costa Pinho

**Desenvolvimento da Plataforma Digital de
Interação NTU**



Afonso Costa Pinho

Desenvolvimento da Plataforma Digital de Interação NTU

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica de Doutora Bárbara Filipa Casqueira Coelho Gabriel, Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e de Doutor Victor Fernando Santos Neto, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Aveiro.

Com o apoio dos projetos:
UID/EMS/00481/2013-FCT e
CENTRO-01-0145-FEDER-022083.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor João Alexandre Dias de Oliveira

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Prof. Doutor Nuno Manuel Lucas Vieira Lopes

Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Leiria - Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Doutora Bárbara Filipa Casqueira Coelho Gabriel

Professora Auxiliar Convidada da Universidade de Aveiro (orientador)

Agradecimentos / Acknowledgements

À Professora Doutora Bárbara Filipa Casqueira Coelho Gabriel, pela orientação deste trabalho.

Ao Professor Doutor Victor Fernando Santos Neto, pela coorientação deste trabalho.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio e força que me deram durante todo este período e que sempre acreditaram em mim.

A toda a minha família pelo apoio sempre dado.

Aos meus grandes amigos que sempre me apoiaram e deram força e amizade durante todo este tempo.

Palavras-chave

Nanotecnologia; Materiais; Indicadores; Software; Linguagem de Programação

Resumo

A plataforma digital NTU indexa o potencial de comercialização de produtos baseados em nanotecnologia de acordo com três indicadores que medem seu impacto no custo, eco-social e sua adequação ao mercado atual, apoiando o processo de tomada de decisão durante a produção. Como a nanotecnologia é uma área relevante e cada vez mais presente na pesquisa científica e produtos disponíveis comercialmente, a NTU surge como uma ferramenta integradora que agrega valor ao ciclo de vida genérico de um produto fabricado, ou seja, adquirindo dados sobre matérias-primas, técnicas de produção utilizadas, desempenho do produto para uma aplicação específica. O processo de avaliação baseia-se na medição dos três indicadores (custo, eco-social e adequação), que mede seu potencial como produto comercializável baseado em nanotecnologia. A NTU presta especial atenção aos desafios e fraquezas atuais para um maior uso da nanotecnologia desenvolvida em centros de I&D e instituições de ensino superior em aplicações reais e comercialmente responsáveis e viáveis.

Keywords

Nanotechnology; Materials; Indicators; Software; Programming Language

Abstract

The NTU platform indexes the potential for commercialization of nanotechnology-based products according to three indicators that measure their impact on cost, eco-social and their suitability to the current market, supporting the decision-making process during production. As nanotechnology is a relevant area and increasingly present in scientific research and commercially available products, NTU emerges as an integrating tool that adds value to the generic life cycle of a manufactured product, namely by acquiring data on raw materials, the production techniques used, the performance of the product for a specific application. The evaluation process is based on measuring the three indicators (cost, eco-social and adequacy), which measures its potential as a nanotechnology-based marketable product. NTU pays particular attention to current challenges and weaknesses to greater use of nanotechnology developed in R&D centers and higher education institutions in real and commercially responsible and viable applications.

Conteúdo

1	Introdução	1
2	Desenvolvimento Concetual da Plataforma	3
2.1	Conceitos do Modelo Teórico NTU	3
2.2	Conceitos da Plataforma Digital	7
2.3	Parametrização Inicial	8
2.4	Interfaces	10
2.4.1	Linguagem Programação	10
2.4.2	Base de Dados	13
2.4.3	Resultados e Relatório da Plataforma	17
3	Desenvolvimento Real da Plataforma	21
3.1	Programação	21
3.1.1	Plataforma	21
3.1.2	Base de Dados	28
3.2	Meios Físicos e Software Adotados	33
4	Versão Beta da Plataforma	35
4.1	Avaliação Rápida	37
4.1.1	Avaliação	37
4.1.2	Apresentação dos Resultados	41
4.2	Avaliação Detalhada	42
4.2.1	Aquisição de Dados - Pesquisa na Base de Dados	43
4.2.2	Aquisição de Dados - Introdução de Dados Personalizados na Base de Dados	47
5	Caso de Estudo	53
5.1	Introdução ao Caso de Estudo	53
5.2	Aquisição de Dados	54
5.3	Avaliação	58
5.4	Resultado	64
6	Análise dos Resultados	65
7	Conclusão e Trabalho Futuro	69
	Bibliografia	71

A Perguntas, Respostas e Pontuações da Plataforma NTU	73
B Relatório Final da Plataforma NTU do Caso de Estudo - Revestimento de Diamante Nanocristalino	79

Lista de Tabelas

2.1	Aquisição de dados - informação relativa à Matéria-Prima.	4
2.2	Aquisição de dados - informação relativa à Produção.	5
2.3	Indicadores de impacto, Fatores e Medidas dos fatores.	6
2.4	Referências de avaliação dos fatores.	6
5.1	Tabela dos Materiais	54
5.2	Tabela Equipamentos/Consumíveis	56
6.1	Respostas selecionadas na avaliação NTU do caso de estudo.	65
6.2	Avaliação obtida dos indicadores no caso de estudo (Retirada do relatório final da plataforma NTU).	66
6.3	Comparação dos resultados da plataforma NTU com o modelo teórico NTU	68

Lista de Figuras

2.1	Ilustração das principais etapas e dimensões da ferramenta de análise NTU.	4
2.2	Ilustração esquemática do funcionamento da plataforma digital NTU.	8
2.3	Tabela de Materiais.	15
2.4	Exemplo do <i>layout</i> da apresentação inicial dos resultados.	18
3.1	Módulo das variáveis utilizadas.	22
3.2	Janela dos questionários dos diferentes indicadores.	22
3.3	Comandos da janela dos questionários dos diferentes indicadores.	23
3.4	Janela do questionário Eco&Social.	23
3.5	Editor dos itens da <i>combobox</i> .	24
3.6	Código correspondente à avaliação dos fatores e dos indicadores.	24
3.7	Janela do resultado final da avaliação NTU.	25
3.8	Código do cálculo do índice NTU.	25
3.9	Editor de Coleção Series.	26
3.10	Código da definição das variáveis do gráfico.	26
3.11	Comando <i>Imports Microsoft Office Word</i> .	26
3.12	Variáveis para criação de parágrafos.	26
3.13	Código para criação de parágrafos.	27
3.14	Variáveis para criação de tabelas.	27
3.15	Código para criação de tabelas.	27
3.16	Código para reiniciar mantendo os valores das variáveis.	28
3.17	Código para reiniciar apagando os valores das variáveis.	28
3.18	Comandos para a comunicação com a base de dados.	29
3.19	Janela da tabela dos materiais da base de dados NTU.	30
3.20	Código para pesquisa na base de dados.	30
3.21	Código da seleção dos materiais pretendidos.	31
3.22	Código de remoção de itens selecionados.	31
3.23	Código de aviso de dados não guardados.	31
3.24	Código para guardar itens selecionados.	32
3.25	Inserção de dados diretamente na base de dados.	32
4.1	Primeira janela da plataforma NTU.	35
4.2	Janela introdutória da plataforma.	36
4.3	Janela da escolha do tipo de avaliação.	37
4.4	Janela Avaliação - Indicadores.	37
4.5	Janela do questionário Eco&Social.	38
4.6	Respostas do fator <i>Environmental</i> .	39

4.7	Aviso de questionário incompleto.	39
4.8	Janela do questionário Custos.	40
4.9	Janela do questionário Adequação.	40
4.10	Janela Avaliação - Indicadores.	41
4.11	Janela resultado da avaliação NTU.	41
4.12	Janela opções de reiniciar.	42
4.13	Janela da escolha do tipo de avaliação.	42
4.14	Janela Aquisição da Dados.	43
4.15	Janela da tabela dos materiais da base de dados.	44
4.16	Pesquisa na tabela da base de dados.	44
4.17	Seleção do material pretendido.	45
4.18	Seleção de vários materiais - 1.	46
4.19	Seleção de vários materiais - 2.	46
4.20	Remoção de materiais da lista de materiais selecionados - 1.	47
4.21	Remoção de materiais da lista de materiais selecionados - 2.	47
4.22	Janela da Aquisição de Dados.	48
4.23	Janela de escolha do tipo de dados a inserir na base de dados.	48
4.24	Janela inserir dados de Materiais.	49
4.25	Exemplo de preenchimento da janela inserção de materiais.	50
4.26	Confirmação de inserção de dados com sucesso.	50
4.27	Janela inserir dados de Equipamentos/Consumíveis.	51
4.28	Janela Aquisição de Dados.	52
5.1	Diagrama esquemático do sistema CVD.	53
5.2	Plataforma NTU - caso de estudo.	58
5.3	Plataforma NTU - caso de estudo.	59
5.4	Plataforma NTU - caso de estudo.	60
5.5	Plataforma NTU - caso de estudo.	60
5.6	Plataforma NTU - caso de estudo.	61
5.7	Plataforma NTU - caso de estudo.	61
5.8	Plataforma NTU - caso de estudo.	62
5.9	Plataforma NTU - caso de estudo.	62
5.10	Plataforma NTU - caso de estudo.	63
5.11	Plataforma NTU - caso de estudo.	64
6.1	Gráfico da avaliação NTU (Retirado do relatório final NTU).	67

Capítulo 1

Introdução

A nanotecnologia é uma área científica que nos últimos anos tem vindo a demonstrar uma notória evolução. Embora o número de notícias abordando a nanotecnologia e a sua aplicação em produtos utilizados no quotidiano seja algo que recentemente tem vindo a aumentar, existe ainda um grande potencial de crescimento para sua aplicação [1].

Atualmente decorrem várias pesquisas neste domínio científico, mas a aplicação destas em produtos e no sector industrial/comercial é ainda muito baixa [1]. O objetivo da plataforma NTU (*NanoTechnology Usability*) é de aproximar os centros de investigação/instituições ensino superior, que conduzem pesquisas na área da aplicação de nanotecnologia, das empresas e do mundo empresarial de modo a facilitar a sua aplicação e utilização efetiva. Esta plataforma visa reforçar a ligação entre os centros de investigação e desenvolvimento (I&D) e a sociedade, promovendo mais e melhor informação e um maior número de produtos baseados em nanotecnologia comercialmente disponíveis no mercado. As noções sobre impacto ambiental e social, custos, gastos energéticos, características do produto e concorrência serão analisadas e a partir daí será atribuído um índice da sua usabilidade. Este índice pretende garantir uma noção global do desenvolvimento e usabilidade do produto num foco mais comercial.

O objetivo da plataforma NTU é traduzir o modelo da ferramenta NTU, desenvolvida e descrita na tese “Ferramenta de apoio para a aplicação de nanoengenharia no desenvolvimento de processos de fabrico eco-eficientes” [2] numa plataforma digital, para permitir a sua utilização e aplicação mais acessível para todo o mundo científico. Esta plataforma digital visa desempenhar um papel relevante como instrumento de disseminação e de auxílio a uma maior utilização de tecnologia à escala nano, considerado um dos domínios científicos prioritários. O conceito NTU é fornecer um instrumento para auxiliar no estreitamento da lacuna ainda existente entre os centros de I&D e sua aplicação industrial. Este objetivo pretende ser cumprido, fornecendo uma linguagem traduzida no desenvolvimento de um índice que expressa e mede a usabilidade de produtos baseados em nanomateriais no ambiente de negócios, garantindo uma contribuição para melhorar a competitividade da indústria e o crescimento económico. A plataforma digital intenta disponibilizar um ambiente interativo e de fácil utilização, garantindo um funcionamento intuitivo dos conceitos da ferramenta NTU e apresentar uma avaliação com um significado explícito e simples. Avaliação esta que irá, de um modo, classificar a usabilidade de um produto baseado em nanotecnologia para uma determinada aplicação. Deste modo, pretende auxiliar os centros de investigação/instituições ensino superior na tomada de decisões.

O desenvolvimento conceitual da plataforma (que aborda os conceitos do modelo teórico NTU), a parametrização inicial da plataforma e as considerações tomadas nos temas da linguagem de programação, base de dados, resultado e relatório da plataforma são descritos no Capítulo 2. O desenvolvimento real da plataforma é apresentado no Capítulo 3 abordando a programação, da plataforma e base de dados, e os meios físicos e softwares utilizados no desenvolvimento da plataforma e necessários para o seu total funcionamento. No Capítulo 4 é feita uma demonstração e explicação minuciosa do funcionamento da plataforma NTU, apresentando um exemplo de manual do utilizador. Os Capítulos 5 e 6 incidem sobre um caso de estudo, onde no primeiro é apresentado o caso de estudo e a sua implementação na plataforma, e no segundo a análise dos resultados obtidos e a comparação destes resultados com os obtidos no mesmo caso de estudo desenvolvido no trabalho da tese [2]. As conclusões e melhorias futuras são consideradas no Capítulo 7.

Capítulo 2

Desenvolvimento Concetual da Plataforma

2.1 Conceitos do Modelo Teórico NTU

Após a introdução apresentada no primeiro capítulo é importante, nesta etapa inicial, realizar um levantamento dos conceitos do modelo teórico da ferramenta NTU. NTU é o acrónimo de *NanoTechnology Usability* que significa usabilidade de produtos baseados em nanotecnologia. Assim, avaliando vários indicadores e fatores definidos e analisando dados sobre materiais, equipamentos e materiais consumíveis durante a produção, a ferramenta NTU atribui um índice que traduz a usabilidade da nanotecnologia em análise.

Esta análise distribui-se em três etapas: a aquisição de dados; a avaliação dos dados e a tomada de decisões:

- 1^a - Aquisição de dados: Esta etapa é dedicada à aquisição de dados relativos às várias fases de um produto, em concreto, baseado em nanotecnologia; (nano e macro) materiais (atributos, origem, custo, etc.), produção (uso energético, impacto ambiental, função, etc.), produto (performance, segurança, etc) e sobre a sua aplicação (Technology Readiness Level (TRL), tipo de inovação e impacto da inovação);
- 2^a - Avaliação dos dados: Os dados reunidos vão ser avaliados segundos três indicadores: Eco&Social; Custo e Adequação. Estes três indicadores são constituídos por fatores que avaliam diferentes aspetos dos dados reunidos, atribuindo uma cotação segundo um padrão estabelecido. Estas cotações dos diferentes fatores vão formalizar a pontuação do indicador correspondente, convergindo a pontuação de todos os indicadores num índice de usabilidade da nanotecnologia;
- 3^a - Tomada de decisões: Serão disponibilizados dados e gráficos com os resultados da avaliação, de modo a permitir uma visão global da tecnologia e da sua aplicação. Assim, permitirá uma melhor tomada de decisão sobre o produto e a sua aplicação comercial.

A Figura 2.1 ilustra as três etapas explanadas e todos os tópicos da ferramenta NTU:

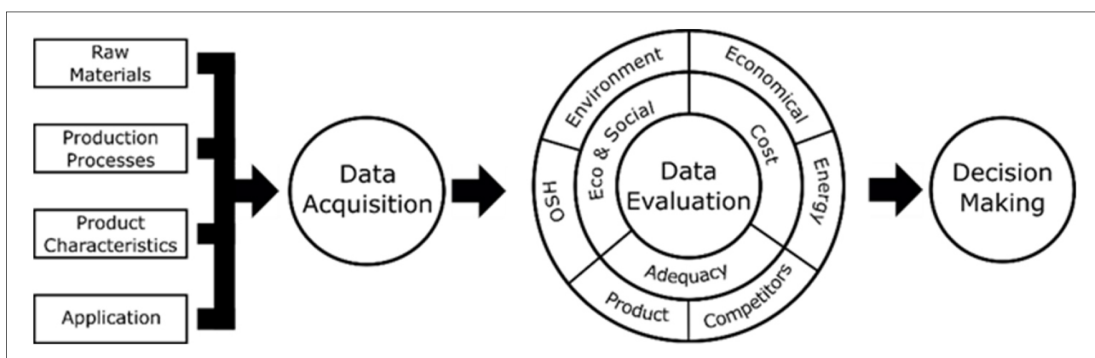


Figura 2.1: Ilustração das principais etapas e dimensões da ferramenta de análise NTU [2].

Após a apresentação das três etapas da avaliação NTU, serão agora abordadas com mais pormenor todas estas etapas.

A etapa de aquisição de dados, trata-se de uma etapa antecedente à própria avaliação NTU. Esta etapa analisa um produto baseado em nanotecnologia para uma aplicação específica desde sua origem até seu uso prático. Nesta avaliação existem alguns tipos de dados que são requeridos, sendo inseridos dentro de quatro tópicos principais:

- **Matéria-Prima:** Compreende a caracterização da matéria-prima considerando o ciclo de vida, o processo de reciclagem e os fatores de saúde e segurança;
- **Produção:** Concentra-se nos impactos financeiros, de saúde e ambientais e mede os custos e o consumo de energia relacionados com a produção/manipulação/montagem de nanomateriais;
- **Produto:** Analisar o potencial do produto baseado em nanotecnologia em relação ao seu desempenho para a aplicação específica;
- **Aplicação:** Analisar a maior proximidade com o mercado e prever a aplicabilidade do produto baseado em nanotecnologia.

Dentro do tópico da matéria-prima, os dados requeridos para a avaliação NTU encontram-se na Tabela seguinte:

Tabela 2.1: Aquisição de dados - informação relativa à Matéria-Prima.

Atributo Principal	Destaca os principais atributo(s) que justifiquem a matéria-prima escolhida para o produto baseado em nanotecnologia e aplicação específica.
Origem	Informações sobre o fornecedor da matéria-prima.
Custo	Informações sobre o custo de aquisição e/ou extração da matéria-prima.
Condições de Reciclabilidade	Descrição das condições de reciclabilidade para a matéria-prima considerada, incluindo os procedimentos.
Fator OSH ¹	Descrever os fatores ocupacionais, de segurança e saúde e riscos potenciais de cada matéria-prima, bem como medidas de segurança e proteção a serem consideradas.

A Tabela 2.2 representa as informações necessárias do tópico da produção:

Tabela 2.2: Aquisição de dados - informação relativa à Produção.

Função Principal	Descrição da função principal do consumível/equipamento para a produção e aplicação específica.
Custo da Função/ Consumível	Referência da relação entre a quantidade consumida por unidade de elemento.
Consumo Energético	Medido em kWh, unidade de energia equivalente a um quilowatt (1kW) de energia por uma hora.
Impacte Ambiental	Descrição dos impactos ambientais, se existirem, de uso específico dos consumíveis/equipamentos considerados.
Impacto OSH	Descrição do risco potencial de cada consumível e as medidas de segurança e proteção a serem consideradas para minimizar o impacto na saúde e segurança.
Características de Saída	Características finais do componente ou produto.

Relativamente à matéria-prima e produção estes são os dados que a plataforma requer durante a análise. Outros dados necessários para a avaliação NTU inserem-se no tópico do produto. As informações sobre o desempenho do produto, segurança e disposição final são pontos importantes na definição deste tópico. Este tópico analisa o potencial do desempenho do produto relacionando com a sua aplicação específica.

O tópico da aplicação do produto nesta fase de aquisição de dados pretende reunir dados sobre o nível de preparação tecnológica (*Technology Readiness Level*, TRL), o tipo e impacto de inovação relativos à aplicação do produto. Este tópico tem um maior foco na proximidade com o mercado, prevendo assim a sua aplicabilidade.

A etapa seguinte é a avaliação dos dados, sendo esta que permitirá obter o índice NTU. A avaliação é importante devido à análise realista que fornece, com o objetivo principal de demonstrar o potencial de integração efetiva do produto no mercado. Esta prevê o potencial do produto, considerando toda a cadeia de produção, desde os fornecedores das matérias-primas até à sua aplicação.

Esta avaliação considera indicadores de impacto que avaliam os dados adquiridos na primeira etapa da ferramenta. O processo de avaliação segue uma escala de classificação de 1 a 5, sendo 5 a pontuação máxima e 1 a pontuação mínima. Esta pontuação é atribuída a cada fator do indicador de impacto correspondente. A atribuição da pontuação ocorre por comparação dos dados adquiridos com uma referência (“*excellence*”) definida para cada fator. Esta avaliação visa avaliar a viabilidade potencial e o sucesso do produto baseado em nanotecnologia para a inovação e a competitividade do mercado. Os indicadores de impacto, fatores e medidas estão descritos na Tabela 2.3:

¹Occupational, Safety and Health, (OSH)

Tabela 2.3: Indicadores de impacto, Fatores e Medidas dos fatores.

Indicador de impacto	Fatores do indicador de impacto	Medidas dos Fatores
Eco & Social	Ambiental	Reciclabilidade Dados ambientais Impacte ambiental
	OSH	Dados OSH Impacto OSH
Custo	Económico	Custo de matérias-primas Preço do equipamento Salários de Recursos Humanos
	Energético	Consumo energético Custo energético
Adequação	Produto	Dados de desempenho do produto Desempenho do produto para a aplicação específica TRL atual
	Competidores	Tipo de inovação Impacto na inovação Análise SWOT

A Tabela 2.4 apresenta todas as referências dos fatores correspondentes:

Tabela 2.4: Referências de avaliação dos fatores.

Fatores do indicador de impacto	Referência
Ambiental	A respeito do impacto ambiental, o produto e processo de produção estão totalmente descritos e certificados ao abrigo das normas ISO 14001:2015. O impacto está nitidamente indicado e todos os riscos possíveis são levados em consideração. A matéria-prima e o produto final apresentam dados e instruções detalhados sobre a sua reciclabilidade.
OSH	A respeito do impacto OSH (Occupational Safety and Health), o produto e processo de produção estão totalmente descritos e certificados ao abrigo das normas OHSAS 18001:2007. O impacto está nitidamente indicado e todos os riscos possíveis são levados em consideração.
Económico	Matéria-prima, custo de equipamento e recursos humanos totalmente definidos, incluindo fornecedores.
Energético	Custo de energia de produção totalmente definido.
Produto	Caracterização da composição, propriedades, atributos e funções do produto totalmente definidos. Desempenho do produto corresponde ao esperado. TRL alto.

Competidores	Tipo de inovação claramente expresso no produto e processo, tendo impacto radical na inovação em relação aos produtos concorrentes. Lista detalhada dos produtos concorrentes similares no mercado. Identificação clara das fraquezas e vantagens. Muito alto desempenho na análise SWOT.
--------------	---

Cada fator do indicador de impacto é avaliado segundo o que foi descrito acima, comparando a resposta com a referência estabelecida para o fator correspondente. As respostas estão já definidas e graduadas segundo a pontuação descrita acima. Segue em anexo (Anexo A) um documento com todas as respostas para cada fator. A avaliação é obtida, para cada indicador, pela média da pontuação dos fatores correspondentes. Fazendo, de seguida, a média das pontuações dos indicadores, é obtido o índice de usabilidade NTU.

A última etapa da ferramenta NTU trata-se da tomada de decisões. Esta etapa fica a cargo do utilizador, sendo que a ferramenta disponibiliza dados e gráficos com os resultados da avaliação. Deste modo, permite uma visão global da tecnologia e da sua aplicação auxiliando assim a tomada de decisão sobre o produto e a sua aplicação comercial.

No subcapítulo seguinte serão apresentados os conceitos da plataforma digital NTU, como esta está organizada e uma abordagem esquemática da plataforma.

2.2 Conceitos da Plataforma Digital

Neste subcapítulo vão ser abordados os conceitos iniciais da plataforma digital NTU.

Após a definição dos conceitos do modelo teórico, neste subcapítulo vai ser feita a tradução desses conceitos na sua aplicação digital.

Deste modo, a plataforma digital NTU irá realizar a avaliação da usabilidade de um produto baseado em nanotecnologia na sua aplicação no mercado. As etapas pelas quais a plataforma irá realizar a avaliação serão as mesmas do modelo teórico:

- Aquisição de dados;
- Avaliação;
- Tomada de decisões.

O utilizador irá introduzir os dados relativos aos materiais, equipamentos e consumíveis, relativos aos tópicos da matéria-prima e da produção, seguidamente será realizada a avaliação e para finalizar serão apresentados os resultados de modo a permitir a tomada de decisão por parte do utilizador.

De modo a tornar a plataforma mais flexível, quanto ao grau de exigência na etapa da aquisição de dados, visto que, o utilizador da plataforma poderá encontrar-se em vários estágios de desenvolvimento do produto, tornou-se necessário fazer uma separação nesta etapa.

Criaram-se dois tipos de avaliação a ser escolhidos pelo utilizador, para garantir essa flexibilidade à plataforma. São assim criadas a avaliação rápida e a avaliação detalhada. A diferença entre a avaliação rápida e a avaliação detalhada, trata-se então da diferente

abordagem na etapa da aquisição de dados. Visto que produtos que estejam numa fase mais embrionária de desenvolvimento podem não ter totalmente definidas as matérias-primas e informação relativa à produção, estes podem realizar a avaliação NTU seguindo pela avaliação rápida. Esta avaliação rápida avança as etapas da aquisição de dados relativos à matéria-prima e produção. Produtos que apresentem uma lista de materiais bem definida e detalhada e informações sobre equipamentos e consumíveis relativos à fase de produção podem escolher a avaliação detalhada. Nesta avaliação detalhada vão ser inseridos todos estes dados, seguindo depois para a etapa da avaliação.

A etapa da avaliação respeita os indicadores de impacto e fatores do indicador de impacto, explanado no subcapítulo anterior, realizando um questionário relativo a cada indicador. O utilizador terá a referência de cada fator apresentada para comparação e selecionará a resposta para cada pergunta, respostas estas já formuladas.

Após a etapa da aquisição de dados e da avaliação, serão apresentados os resultados e o utilizador terá a possibilidade de gerar um relatório final com todos os dados da avaliação, desde os materiais inseridos aos resultados obtidos.

A Figura 2.2 resume todo o funcionamento da plataforma digital NTU esquematicamente.

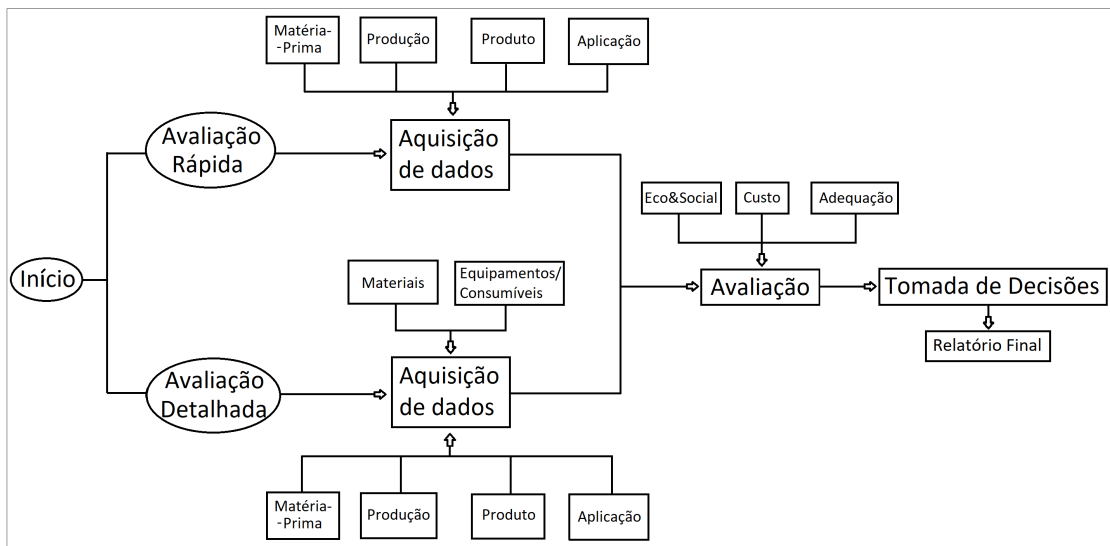


Figura 2.2: Ilustração esquemática do funcionamento da plataforma digital NTU.

No subcapítulo seguinte será feita a parametrização inicial, este subcapítulo conjuga o conceito da ferramenta NTU com as necessidades e considerações necessárias a serem tomadas para a criação da plataforma NTU.

2.3 Parametrização Inicial

A parametrização inicial delimita os princípios da plataforma e o caminho que será levado em conta durante a sua elaboração. Para o trabalho desta dissertação foram deliberados quais os pontos principais para a planificar. O critério utilizado foi a necessidade de serem fatores básicos e estritamente necessários para que se pudesse dar início ao seu desenvol-

vimento. Estes pontos ainda não seriam específicos de programação nem da arquitetura do programa, mas sim fulcrais do cerne da ideia da plataforma NTU. Assim sendo, os seguintes pontos traduzem o que de mais importante se centra o desenvolvimento desta plataforma:

- Tipo de programa a desenvolver;
- Linguagem utilizada;
- Objetivo;
- Público alvo.

A plataforma NTU foi desenvolvida com o intuito de “ fornecer uma ferramenta para ajudar a reduzir a lacuna que ainda existe entre a Investigação e Desenvolvimento (I&D) em centros de investigação / universidades e a sua aplicação industrial.” [2].

A dificuldade de aproximação das universidades e centros de investigação ao mercado de trabalho é um problema bastante atual e que merece alguma preocupação. A ideia subjacente da criação da plataforma NTU é de tentar solucionar este problema. Aproximar as universidades e I&D ao mundo industrial/empresarial para assim permitir uma maior aplicação das investigações desenvolvidas no âmbito da nanotecnologia. Deste modo, está de uma forma simples e pragmática definido o propósito desta plataforma. Ajudar as universidades e I&D a aplicar o que desenvolvem nas investigações baseadas em nanotecnologia. Este propósito define assim, o caminho que será seguido durante todo o desenvolvimento desta dissertação.

A identificação do público-alvo será o próximo ponto a considerar. “O público-alvo é o grupo de consumidores para o qual determinado produto ou serviço é destinado”[3]. Para esta aplicação, e posteriormente identificar qual o público-alvo para produto que se está a desenvolver, é necessário recorrer a um conceito chamado de segmentação de mercado. Este conceito consiste na identificação, num mercado heterogéneo, de um grupo de indivíduos com necessidades e preferências semelhantes [4]. Esta divisão irá permitir definir qual o público-alvo para um determinado produto. No sector empresarial e do marketing é um conceito muito abordado, pois encaminhará a direção a ser tomada pela empresa e possivelmente ditará o sucesso de um produto ou serviço. Abordando a citação acima transcrita sobre o propósito da plataforma NTU, encontra-se identificado o público-alvo ao qual se destina a plataforma que está a ser desenvolvida. Assim sendo, a plataforma NTU tem como público alvo os centros I&D e instituições de ensino superior. São estas entidades que mais poderão usufruir e beneficiar desta plataforma, podendo assim a plataforma NTU representar uma mais valia nas investigações e desenvolvimentos no ramo da nanotecnologia.

Neste seguimento, a próxima decisão a ser tomada pretende dar resposta ao tipo de programa que se pretende desenvolver. Esta é decidida tendo em consideração a necessidade de interação que o utilizador irá requerer do programa. Existem inúmeros fatores que podem ser levados em conta, mas os tipos de programa prendem-se principalmente em duas grandes categorias[5]:

- *Software* de sistema;

- *Software* aplicativo.

Um *software* de sistema opera diretamente o *hardware* do computador permitindo a funcionalidade básica necessária para os utilizadores e outros *softwares* [6]. Um *software* aplicativo, é aquele que utiliza o sistema do computador, requerendo do seu código, para executar as tarefas dentro do próprio programa [7].

Analisando os aspetos de ambos e comparando com as necessidades pretendidas para a plataforma NTU, podemos identificar qual o tipo de programa que se pretende desenvolver. Sendo a plataforma NTU um programa que pretende ter um interface gráfico para uma utilização dinâmica e interativa com o utilizador, de facto pretende-se desenvolver um *software* aplicativo.

Para concluir a parametrização inicial fica a faltar apenas a escolha da linguagem na qual será desenvolvida a plataforma NTU. No que respeita ao tipo de linguagem no qual esta plataforma pode ser desenvolvida, a escolha é muito vasta e depende de alguns fatores, tanto de carácter técnico, como de preferência pessoal. Este tópico será desenvolvido com mais ênfase no subcapítulo seguinte, mas para a conclusão da parametrização inicial e consequentemente do presente, fica o registo de que foi escolhida a linguagem Visual Basic integrada no *software* Visual Studio.

Neste ponto é dada a parametrização inicial como concluída estando assim definidos os alicerces desta plataforma. Os conceitos iniciais estão estabelecidos, podendo-se agora avançar para a próxima etapa. Esta irá incidir sobre as interfaces da plataforma NTU, nomeadamente a linguagem de programação adotada, a base de dados e como serão apresentados os resultados e relatório da plataforma.

2.4 Interfaces

2.4.1 Linguagem Programação

Como já referido no subcapítulo anterior, a escolha da linguagem de programação utilizada é um dos pontos importantes durante a parametrização inicial para o desenvolvimento de uma plataforma informática. A escolha de um *software* e linguagem de programação implica um enorme número de considerações que devem ser tomadas em conta para que o resultado final seja o expectável.

Uma linguagem de programação é um conjunto de regras sintáticas e semânticas usadas para definir um programa de computador. É uma ferramenta que funciona como “tradutor” na comunicação com o computador [8].

Existem inúmeras linguagens de programação com as mais diversas características. Linguagens mais direcionadas para a criação de páginas *web*, para aplicações de computador e telemóvel ou linguagens com um intuito mais científico e matemático [9]. A escolha de uma linguagem pode tornar-se portanto algo complicada e complexa. Esta pode diferir se, por exemplo, o programa que se pretende desenvolver será para uso pessoal ou para uma empresa, se tem os recursos necessários ou se necessita de uma licença e o tipo de aplicabilidade. Deste modo, há assim a necessidade de criar uma metodologia para a escolha de uma linguagem de programação. Neste campo existem também várias metodologias para ajudar nesta escolha, metodologias estas que variam mediante

os diferentes autores. Cada uma tem um foco em características diferentes tidas como de maior importância. Um exemplo é a metodologia da IBM facultada no artigo “*Selecting the optimal programming language*” [10] que auxilia na escolha de uma linguagem de programação. Nesta metodologia são consideradas como fatores principais os seguintes:

- A plataforma segmentada;
- A elasticidade de uma linguagem;
- O tempo para produção;
- O desempenho;
- O apoio e comunidade.

Podemos assim aceitar que existe um elevado número de características técnicas que podem servir de método de comparação entre diferentes linguagens de programação. Inicialmente foi realizado um levantamento das linguagens de programação utilizadas durante o decorrer do curso do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro (MIEM) de modo a averiguar se alguma cumpria os requisitos para a criação da plataforma NTU.

É de salientar que este ponto não foi um fator limitante para o desenvolvimento da plataforma, não sendo de carácter obrigatório.

Portanto, tornou-se necessário assim definir uma metodologia para decidir se utilizando *softwares* e linguagens de programação utilizados no decorrer do curso o resultado da plataforma seria o idealizado:

- 1º - Realizou-se um levantamento das linguagens e softwares utilizados no decorrer do curso;
- 2º - Analisaram-se todas as características das linguagens e softwares individualmente;
- 3º - Analisaram-se as características necessárias da plataforma;
- 4º - Compararam-se todas as características dos softwares e linguagens com as características necessárias da plataforma de modo a averiguar se cumpriam os requisitos.

No decorrer do curso do MIEM foram utilizados vários programas de simulação e poucos foram os programas utilizados para programação. Os únicos programas utilizados com características de programação foram o Matlab e o Visual Basic Studio. Estes dois possuem características e finalidades distintas.

O Visual Basic é uma linguagem de programação desenvolvida pela empresa Microsoft fazendo parte integrante do Microsoft Visual Studio. Foi projetado para ser uma ferramenta de fácil aprendizagem e aplicação, e orientada para a criação de aplicações. O Visual Basic permite aos programadores terem como destino das suas aplicações o Windows, a Web e dispositivos móveis [11].

Matlab (MATrix LABoratory) trata-se de um software interativo de alto desempenho direcionado para o cálculo numérico. O Matlab integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos num ambiente fácil de usar. Está-se a tornar a principal plataforma de computação científica em instituições educacionais e institutos de pesquisa [12].

O Matlab é uma linguagem mais direcionada para cálculo numérico, quando é necessário grande processamento de dados numéricos ou para a criação e análise de gráficos. Tem inúmeras funcionalidades tais como processamento de imagens, simulações, entre outras. Há a possibilidade de execução de programas Matlab fora do ambiente Matlab, recorrendo ao Matlab Runtime (conjunto autónomo de bibliotecas compartilhadas que permite a execução de aplicativos ou componentes Matlab compilados em computadores que não possuem o Matlab instalado [13]).

O Visual Basic é uma linguagem de programação orientada a objetos (*object-oriented*) com uma extensa coleção de ferramentas pré-escritas, chamadas controlos (*controls*). É indicada para a criação de aplicações com os mais variados fins e de fácil usabilidade [14]. Permite criar aplicativos com uma componente gráfica e comandos comuns de um sistema Windows e que permitem uma interação com o utilizador muito simples (*user friendly*). Aceita inúmeros tipos de *inputs* como imagens, documentos (numéricos e alfabéticos), entre outros nos mais variados formatos. Tem também a capacidade de comunicar com um elevado número de programas, principalmente qualquer programa que seja desenvolvido pela Microsoft.

No que respeita à plataforma NTU, pretende-se que esta incorpore algumas características específicas que foram abordadas anteriormente. Esta plataforma tem como aspetos principais a interface gráfica para a comunicação com o utilizador, *inputs* introduzidos pelo utilizador, a capacidade de analisar dados, comunicar com uma base de dados e a capacidade de criar um relatório final. Em suma estas são as características principais que se pretendem para a plataforma NTU.

A interface gráfica é uma das características relevantes no desenvolvimento de uma plataforma porque esta poderá ditar o grau de satisfação do utilizador. Uma boa interface gráfica, apelativa e bem estruturada irá garantir uma melhor experiência para o utilizador, resultado final pretendido para a plataforma NTU.

Como já referido anteriormente, a plataforma NTU tem dois tipos de avaliação, um que é a avaliação simples e outro que é a detalhada. Na simples, a plataforma terá a funcionalidade de colocar questões ao utilizador com respostas pré-estabelecidas, que serão o *input* do utilizador nesta etapa. Na avaliação detalhada para além da etapa comum à avaliação simples, o utilizador poderá também escolher e/ou introduzir materiais e processos da base de dados da plataforma. Este será outro tipo de *input* do utilizador. Estes dois tipos são os *inputs* que serão introduzidos pelo utilizador correspondendo à característica da capacidade de receber dados que serão introduzidos pelo utilizador referida acima.

A capacidade de analisar dados é uma característica que estará encarregue da avaliação propriamente dita da plataforma. Os *inputs* serão analisados dentro da própria plataforma e esta necessitará de realizar a análise.

Uma característica também desta plataforma, que poderá ser uma “mais valia” é a base de dados NTU. Esta base de dados irá conter inúmeras características sobre todo o tipo de materiais, da macro à nano escala, e equipamentos, o que implica que a plataforma necessitará de comunicar com esta base de dados.

Por fim, uma característica também importante e comum neste tipo de plataformas com aplicações científicas, será a capacidade de criar um relatório final. A plataforma no final da introdução de todos os dados e depois de toda a avaliação, disponibilizará ao utilizador um relatório onde irá incorporar toda a informação relevante.

Neste momento é possível analisar todas as características das linguagens de progra-

mação definidas e comparar com as necessárias da plataforma NTU.

- Interface gráfica: a linguagem de programação que melhor se adequa é o Visual Basic. Apesar de o Matlab possuir a capacidade de criar uma interface gráfica para uma aplicação, esta é bastante limitada e muito básica. O Visual Basic apresenta mais opções e liberdade para criar todo o tipo de funções e *layouts* pretendidos.
- *Inputs*: tanto o Matlab como o Visual Basic apresentam fortes argumentos. Ambos tem uma grande variedade de *inputs* possíveis de ser introduzidos por parte do utilizador, dos mais variados tipos e formatos. Neste campo não existe uma linguagem que se destaque.
- Capacidade de analisar dados: ambas as linguagens apresentam uma boa capacidade de análise de dados. O Matlab apresenta um elevado poder de processamento de dados matemáticos e o Visual Basic a capacidade de analisar vários tipos de dados. Para o objetivo da plataforma NTU a mais indicada, neste campo, é o Visual Basic, tal como supracitado.
- Comunicação com base de dados: as linguagens e respetivos *softwares* possuem a capacidade de comunicar com bases de dados. E ambos têm a capacidade de importar e exportar dados para uma base de dados e compatibilidade de comunicar com inúmeros tipos de bases de dados. Cumprem o requisito, sem existir uma linguagem que se destaque.
- Capacidade de criar um relatório final: as linguagens têm a capacidade de criar ficheiros que podem conter informações que formalizem um relatório final. Tanto o Matlab como o Visual Basic têm a capacidade de criar ficheiros do tipo .word, .pdf ou .html. Deste modo apresentam a mesma capacidade de cumprir o requerido.

Após esta comparação e análise, é possível concluir que das linguagens de programação seleccionadas, tanto o Visual Basic como o Matlab cumprem os requisitos estabelecidos para o desenvolvimento da plataforma NTU. No seguimento desta etapa é necessário escolher efetivamente qual será a linguagem de programação utilizada no desenvolvimento desta plataforma. A partir da comparação efetuada acima e analisando todos os pontos estudados, é possível constatar que a linguagem Visual Basic cumpre melhor estes pontos.

A secção seguinte vai abordar as considerações e parâmetros necessários respeitar para a criação de uma base de dados.

2.4.2 Base de Dados

Esta secção irá incidir sobre a criação da base de dados. Todos os aspetos que precisam de serem levados em conta, o que implica a sua criação, a escolha da plataforma onde será criada, bem como a manutenção de uma base de dados.

Uma base de dados, muito sucintamente, não é mais que um repositório de dados. Dados estes que podem conter informações sobre pessoas, produtos, encomendas ou qualquer outro assunto. Estes dados podem ser organizados num conjunto de tabelas, e as tabelas podem estar relacionadas entre si [15].

Existem vários sistemas de gestão de bases de dados, cada um deles armazenando os dados de uma forma específica. Um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD)

é um tipo de *software* responsável pela gestão de uma base de dados, que permite aos utilizadores a definição, criação, consulta, atualização e administração de bases de dados. Uma base de dados geralmente não é suportada entre diferentes SGBD, mas SGBD diferentes podem interagir usando linguagens criadas para padronizar esta necessidade de interação, permitindo assim que um único aplicativo funcione com mais de um SGBD [15].

Ao longo dos tempos os temas em redor das bases de dados foram evoluindo bastante, criando-se cada vez mais linguagens, padronizações e categorias de modo a otimizar esta ferramenta cada vez mais utilizada. Na atualidade existem inúmeras linguagens para a comunicação com bases de dados, mas a linguagem definida como padrão de pesquisa declarativa para banco de dados é SQL (*Structured Query Language*). Esta linguagem foi desenvolvida nos anos 70 pela IBM, tendo sido lançado num artigo em 1974 que primeiro delineou a sintaxe para SQL. Este artigo foi baseado num trabalho teórico do cientista da computação britânico Edgar F. Codd sobre o modelo relacional [16]. A linguagem SQL foi posteriormente normalizada em 1986 pelo instituto ANSI (*American National Standards Institute*) sob a designação ANSI-92 SQL e em 1987 pelo ISO (*International Organization for Standardization*) sob a designação ISO/IEC 9075-1:2016.

A criação de uma base de dados é uma tarefa que tem um número de requisitos que se devem cumprir. Uma base de dados normalizada deve ser projetada de forma a satisfazer alguns requisitos, como por exemplo [17]:

- Ter a capacidade necessária para armazenar todos os dados e atributos necessários;
- Ter dados duplicados, mas não dados redundantes;
- Conter o menor número possível de relações;
- Ter todas as relações normalizadas para evitar problemas futuros na utilização, remoção ou atualização de dados.

A criação de uma base de dados é um dos pontos importantes no desenvolvimento da plataforma NTU. Esta base de dados irá armazenar dados relativos a materiais, equipamentos e consumíveis definidos pelos utilizadores. As categorias necessárias para a avaliação na plataforma NTU estão já determinadas nesta dissertação, Subcapítulo 2.1. A base de dados para a plataforma NTU será constituída por duas tabelas, a tabela dos materiais e a tabela dos equipamentos e consumíveis. Estas tabelas terão seis e sete atributos, respetivamente a tabela dos materiais terá seis atributos e a tabelas dos equipamentos e consumíveis terá sete atributos. Os atributos da tabela correspondente aos materiais serão:

- Material;
- Característica principal;
- Origem;
- Custo;
- Condições de reciclabilidade;
- Facto OSH.

Os atributos da tabela correspondente aos equipamentos e consumíveis serão:

- Equipamento/Consumível;
- Função principal;
- Custo de função/consumo;
- Uso de energia;
- Impacto ambiental;
- Impacto OSH;
- Característica de output.

A tabela de uma base de dados é constituída por linhas e colunas. Cada linha é designada por registo e cada coluna contém atributos dos registos [17].

Nesta base de dados não irão existir relacionamentos entre atributos dentro da mesma tabela, nem entre tabelas. Assim não existe a necessidade da criação de uma base de dados relacional. Não existindo relacionamento, estas tabelas não poderão conter dados duplicados. A Figura 2.3 ilustra um exemplo da tabela de materiais.

Material	Main_attribute	Origin	Cost	Recyclability_conditions	OSH_factors
Hexamethyldisiloxane (HMDSO) 98%, Aldrich	Transparent and super-hydrophobic coating	Sigma Aldrich	41.10€/ 500ML (Sigma Aldrich, 2016a)	n.a.	Flammable liquids (Category 2), H225; Acute aquati...
Argon gas to support HMDSO coating	Inert gas	Air Liquide	5.40€ /m3	n.a.	Gas under pressure; Suffocating at high concentrat...
Helmet Polycarbonate (PC)	Transparency	Helmet Producers	n.a. (supplied by helmet producer (client))	Completely recyclable; Eco Indicator 99: 0.43 Pt (...)	Low risk component
Silicon wafer	Substrate material Silicon <100>, N-type, diam. x...	Sigma Aldrich	129.50 € / wafer	Offer surplus and non-recyclable solutions to a li...	Not a hazardous substance or mixture according to ...

Figura 2.3: Tabela de Materiais.

Os dados que serão selecionados pelo utilizador, durante a execução da plataforma, serão os correspondentes ao atributo do Material. Este atributo dizendo respeito a cada material, não poderá estar repetido. Os restantes atributos dizem respeito a informação adicional para a plataforma. Assim, caso existam atributos duplicados, estes não terão influência nenhuma entre registos. Na tabela dos equipamentos e consumíveis a situação é idêntica.

A fase seguinte diz respeito à escolha da plataforma na qual a base de dados será criada. Existem muitas opções para criar uma base de dados, pois o número de *softwares* de SGBD é muito grande. Para além da escolha do SGBDs é também necessário escolher qual será o método de armazenamento da base de dados, se será armazenada num servidor online ou se irá ser armazenado num meio físico desenvolvido para o propósito. Existem várias considerações que terão de ser ponderadas aquando da escolha de um SGBD. De seguida serão demonstradas uma série de considerações exemplo para a escolha de um sistema de gestão de base de dados [18]:

- Usabilidade - um sistema com uma fácil usabilidade pois, a base de dados pode ser utilizada por vários membros;
- Visualização - um sistema com um *layout* acessível e de fácil compreensão para uma fácil visualização e análise dos dados;
- Segurança - a proteção dos dados é condição indispensável de um sistema;
- Funcionalidade - sistema com as funcionalidades necessárias para manipulação dos dados e gestão das tabelas;
- Assistência e desenvolvimento - um sistema com assistência e suporte disponível para a sua base de dados e um sistema que apresente uma evolução constante das suas funcionalidades;
- Integração - se o sistema permite a integração da base de dados com os softwares e aplicações que utiliza;
- Escalabilidade - um sistema que possa permitir a expansão mediante a necessidade de crescimento da base de dados;
- Custo - antecipar as necessidades pretendidas para a base de dados de modo a efetuar o investimento mais acertado para a base de dados pretendida;
- *Hosting* - onde o sistema ficará localizado, internamente ou necessitando de serviços de empresa para hospedar os dados;
- Atualizações - o sistema precisará de estar conectado constantemente ou será solicitado periodicamente.

Efetuando as ponderações necessárias nesta etapa e seguindo as considerações acima descritas, permitirá efetuar uma escolha mais adequada para as necessidades que são pretendidas na escolha de um SGBD. Para a base de dados da plataforma NTU a escolha do sistema de gestão de base de dados incidiu no MySQL.

O MySQL é um Sistema de Gestão de Bases de Dados, que utiliza a linguagem SQL como interface. É atualmente uma das bases de dados mais populares [19]. “O MySQL tornou-se a principal escolha de banco de dados para aplicativos baseados na Web, usados por propriedades da Web de grande importância, incluindo Facebook, Twitter, YouTube, Yahoo! e muitos mais.” [20].

A escolha deste sistema recaiu sobre as considerações acima descritas e da já compreensão e manuseamento deste sistema. Em resumos estas foram as considerações que levaram à escolha deste sistema:

- Simplicidade de administração;
- Baixa exigência de recursos de hardware;
- Software livre com código aberto;
- Utilização da linguagem SQL;
- Seguro;

- Constantes atualizações do sistema.

As características mais técnicas, tais como qual o servidor utilizado e como foi implementado todo o sistema da base de dados, serão descritas na secção (Secção 3.2.1 - Base de dados).

Outra etapa importante no desenvolvimento de uma base de dados é a sua manutenção. Apenas uma base de dados com uma manutenção regular, bem estruturada e programada poderá conferir aos utilizadores os totais benefícios de uma base de dados. A manutenção de uma base de dados é estruturada em rotinas. Existem rotinas para ajudar o desempenho, libertar espaço no disco, verificar erros de dados, de falhas de *hardware* e atualizar estatísticas internas [21]. Em toda a pesquisa efetuada sobre manutenção de bases de dados, as metodologias utilizadas e os aspectos levados em conta na explicação da manutenção são semelhantes em todas as fontes. São métodos e rotinas padronizados para obter, assim, o melhor funcionamento das bases de dados. Não significando isto que os processamentos internos dos *softwares* sejam iguais. Um exemplo de uma manutenção completa deverá englobar os seguintes pontos [21; 22; 23]:

- Desenvolvimento de uma estratégia de *backup*;
- Desfragmentação de índices de objetos;
- Verificação de integridade;
- Garantir estatísticas atualizadas.

Estes são os pontos principais para garantir uma base de dados segura e fiável.

A secção seguinte irá abordar os resultados apresentados pela plataforma NTU e o relatório gerado pela plataforma, explicando qual o significado dos resultados apresentados e que informação pode ser retirada desses resultados. A estrutura e a informação contida no relatório também vão ser explicada no subcapítulo seguinte.

2.4.3 Resultados e Relatório da Plataforma

A apresentação de resultados da avaliação NTU e o relatório final gerado pela plataforma são aspetos que necessitam de uma planificação consciente e com bastantes ponderações pois tratam-se de aspetos de elevada importância para a finalidade da plataforma. De que forma o resultado final é apresentado, qual o significado do resultado final e como é estruturado o relatório final, são aspetos que ditarão o sucesso da plataforma NTU.

Como já referido anteriormente (subcapítulo 2.1), a avaliação NTU irá abordar alguns temas e solicitar algumas informações aos utilizadores, de modo a recolher informação necessária para poder prosseguir a uma avaliação. Esta vai resultar de uma análise às respostas efetuadas pelos utilizadores. A plataforma NTU tem como indicadores de avaliação o impacto Eco&Social, o Custo e a Adequação. No final da avaliação, estes três indicadores terão uma classificação associada a cada um. De um modo genérico a plataforma irá reunir informação sobre um produto baseado em nanotecnologia com uma aplicação específica e aumentar a sua probabilidade de sucesso no mercado, de acordo com as necessidades da sociedade. Assim, tornou-se relevante apresentar uma classificação para cada um dos três indicadores, como também, numa primeira abordagem da avaliação, apresentar uma classificação única. Esta classificação única combina as dos

diferentes indicadores, permitindo assim apresentar um valor geral como indicador da aplicabilidade e prospeção da matéria em avaliação.

De modo a esta primeira avaliação apresentada pela plataforma não ser apenas um valor numérico, e sendo esta avaliação dependente de diferentes indicadores que poderão apresentar diferentes maturidades de desenvolvimento, surge a necessidade de apresentar algo, que combinado com a classificação geral, permita uma melhor compreensão de toda a avaliação. Assim é apresentado em conjunto com a classificação final um gráfico com os três indicadores principais, demonstrando assim qual a influência de cada fator na avaliação geral. A Figura 2.4 representa um exemplo de *layout* da apresentação inicial dos resultados

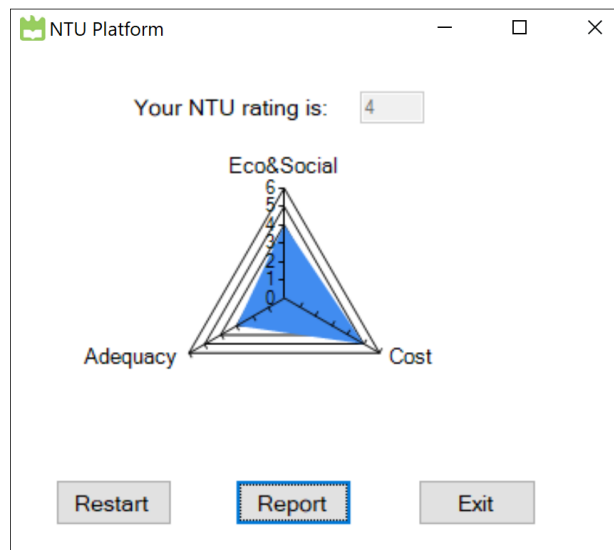


Figura 2.4: Exemplo do *layout* da apresentação inicial dos resultados.

O utilizador terá uma ideia gráfica de como está distribuída toda a informação que inseriu na plataforma e qual os indicadores que estão melhor e pior dimensionados.

Outro aspeto abordado nesta secção diz respeito ao relatório final que será disponibilizado ao utilizador. Uma plataforma de carácter científico tem por necessidade a geração de um relatório de análise, de modo a permitir ao utilizador observar todos os aspetos e fatores avaliados pela plataforma. A plataforma NTU tem a capacidade de gerar este tipo de relatório.

O relatório foi estruturado de modo a disponibilizar ao utilizador toda a informação necessária, bem como permitir ao utilizador perceber, de um modo simplificado, como a avaliação realizada pela plataforma NTU funciona.

Assim, o relatório é dividido em quatro etapas. A primeira diz respeito ao contexto da plataforma e qual a motivação da sua criação. Um breve texto onde são abordados os aspetos fundamentais desta plataforma de modo a contextualizar melhor o utilizador sobre a plataforma. A segunda etapa apresenta a avaliação detalhada. É apresentada uma tabela com todos os indicadores e respetivos fatores de avaliação bem como as medidas desses fatores. Esta tabela mostra toda a avaliação de dados que é efetuada. Ainda nesta etapa é apresentada uma outra tabela com estes mesmos indicadores e fatores com as respetivas classificações. Nesta etapa o utilizador terá acesso à avaliação mais

pormenorizada. Um gráfico também foi incluído nesta etapa de modo a permitir verificar a influência que cada fator teve na avaliação final NTU.

A terceira etapa aborda a informação técnica da avaliação. Quando utilizado o modo de avaliação detalhada, o relatório final irá apresentar todos os materiais, equipamentos e consumíveis selecionados pelo utilizador. Como cada avaliação irá dizer respeito a uma escolha específica de materiais, equipamentos e consumíveis, a informação de cada um destes estará disponível no relatório.

A quarta e última etapa deste relatório irá conter a análise dos resultados obtidos na avaliação. Serão apresentados os fatores com classificações mais altas e mais baixas. De cada fator apresentado, haverá uma pequena explicação, gerada automaticamente pela plataforma, da influência que este teve na avaliação bem como a que tem na nanotecnologia e aplicação real.

Em anexo (Anexo B) segue um exemplo de relatório final da plataforma NTU. O relatório final anexado foi gerado aplicando o caso de estudo escolhido para análise nesta dissertação contendo toda a informação deste caso de estudo. Este caso de estudo é apresentado no Capítulo 5 e analisado no Capítulo 6.

Todo o desenvolvimento conceptual da plataforma está, nesta etapa, definido com todos os tópicos necessários abordados e com as considerações iniciais para o desenvolvimento da plataforma estabelecidos. O capítulo seguinte irá incidir sobre o seu desenvolvimento real, onde vão ser abordados todos os aspetos que implicam a criação real da plataforma NTU, bem como todas as decisões tomadas durante o processo de criação.

Capítulo 3

Desenvolvimento Real da Plataforma

3.1 Programação

Neste subcapítulo vai ser apresentado todo o processo de programação efetuado no desenvolvimento da plataforma NTU. Este será dividido em duas partes sendo uma direcionada para a parte da programação do funcionamento da plataforma, e outra da programação para a interação da plataforma com a base de dados.

3.1.1 Plataforma

A plataforma foi desenvolvida na linguagem Visual Basic, sendo assim, bastantes dos comandos que foram implementados não apresentam visualmente código escrito. Deste modo será feita uma abordagem global do tipo de comandos utilizados e as suas principais configurações. O primeiro ponto importante de salientar é que, cada janela (denominada *form*) que é criada na plataforma não tem interação com as restantes janelas criadas, a não ser que seja programada para tal. Assim todas as variáveis utilizadas pela plataforma se forem criadas dentro da mesma janela, não poderão ser utilizadas noutras janelas. Para contornar isto, é criado um módulo onde todas as variáveis que se pretendem utilizar e armazenar valores durante o decorrer da avaliação da plataforma NTU são criadas. A Figura 3.1 apresenta como este módulo é composto.

```

'Form 2
Friend Resultado As Integer

'Form 3
Friend E1 As Integer
Friend E2 As Integer
Friend E3 As Integer
Friend Envi As Integer
Friend O1 As Integer
Friend O2 As Integer
Friend OSH As Integer
Friend Ecso As Integer

'Form 9
Friend Datavalue_materiais As String(,)

'Form 10
Friend Datavalue_processos As String(,)

```

Figura 3.1: Módulo das variáveis utilizadas.

Neste caso foram criadas variáveis numéricas e variáveis do tipo *string* (para armazenar palavras). De seguida serão apresentados alguns exemplos de comandos utilizados, não existindo a necessidade de apresentar toda a programação efetuada dada a elevada repetição de alguns comandos. Por exemplo, a janela cuja função é direcionar o utilizador para os diferentes questionários dos diferentes indicadores terá o aspeto da Figura 3.2. A Figura 3.3 apresenta como é efetuada esta transição entre janelas.

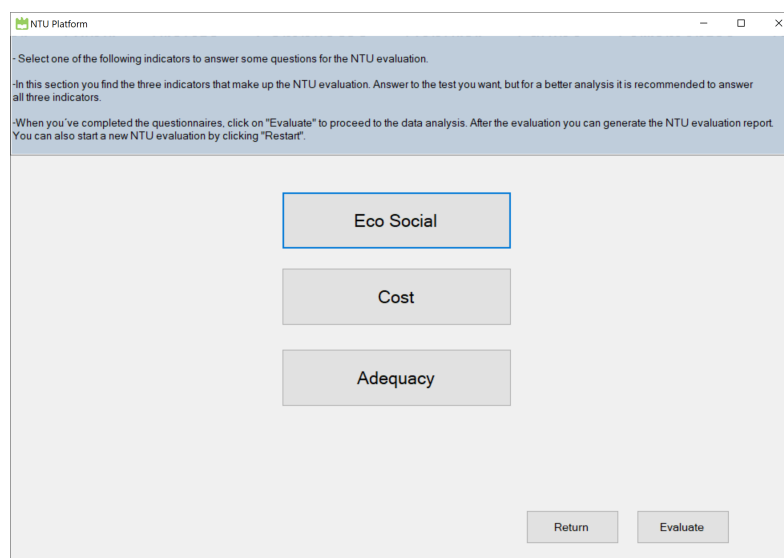


Figura 3.2: Janela dos questionários dos diferentes indicadores.

Esta janela possui três botões correspondentes aos três indicadores da avaliação e mais dois botões que permitem retroceder para o passo anterior (“Return”) e proceder com a avaliação (“Evaluate”). Os comandos associados a esta janela são demonstrados na Figura 3.3. Podemos ver que cada click num dos três botões dos indicadores ou no botão Evaluate irá abrir uma janela e um click no botão Return irá abrir outra janela e fechar a janela onde se encontrava. Este conjunto de comandos é utilizado em grande parte da plataforma, sendo responsável pelo direcionamento do utilizador pela plataforma.

```

Private Sub Btneco_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Btneco.Click
    Form3.Show()
End Sub

Private Sub Btncost_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Btncost.Click
    Form4.Show()
End Sub

Private Sub Btnadeq_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Btnadeq.Click
    Form5.Show()
End Sub

Private Sub Btnevaluate_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Btnevaluate.Click
    Form6.Show()
End Sub

Private Sub Btnreturn_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Btnreturn.Click
    Form7.Show()
    Me.Close()
End Sub

```

Figura 3.3: Comandos da janela dos questionários dos diferentes indicadores.

Uma das etapas importantes da plataforma NTU são os seus questionários. A plataforma coloca questões ao utilizador e este responde selecionando uma das respostas já formuladas na plataforma que melhor se adequa ao caso de estudo do utilizador. Para este tipo de questionário existiam numerosas opções de apresentação. A opção escolhida para esta plataforma foi a utilização de *combobox*. A *combobox* possui uma apresentação mais agradável e uma utilização mais simples para o resultado pretendido. A Figura 3.4 apresenta a janela correspondente ao questionário do indicador Eco&Social.

Figura 3.4: Janela do questionário Eco&Social.

É possível observar que, clicando na zona das respostas correspondentes a pergunta, são apresentadas as respostas possíveis. Para a inserir as respostas na *combobox*, o processo é apresentado na Figura 3.5.

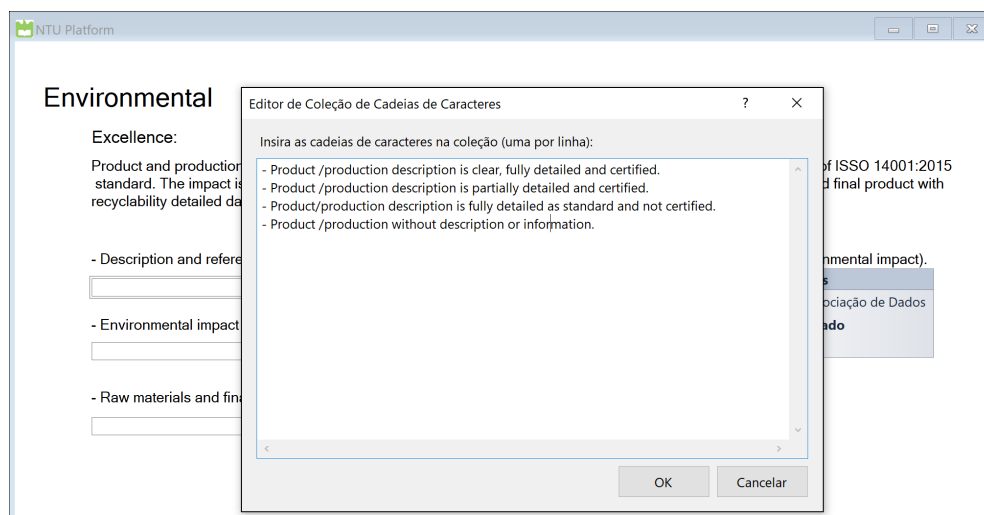


Figura 3.5: Editor dos itens da *combobox*.

Para o intuito da avaliação NTU cada resposta tem uma pontuação, pontuação esta que juntamente com todas as pontuações das diversas respostas obtidas serão analisadas e será atribuído no final uma avaliação. A atribuição da pontuação a cada resposta está documentada e encontra-se em anexo (Anexo A). No código desta janela, representado na Figura 3.6, é possível observar que no exemplo da *combobox4* para cada resposta é associado um valor diferente. Por exemplo, o `ComboBox4.SelectedIndex = 0` representa a primeira resposta e tem uma pontuação associada de 5 ($O1=5$). Este processo é repetido para todas perguntas com as respetivas alterações necessárias. Na Figura seguinte também é possível observar como é processado a avaliação de cada fator e do indicador. Fazendo a média das respostas de cada fator e fazendo a média dos fatores é atribuído um valor de avaliação ao indicador.

```
Private Sub ComboBox4_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles ComboBox4.SelectedIndexChanged
    If ComboBox4.SelectedIndex = 0 Then
        O1 = 5
    End If
    If ComboBox4.SelectedIndex = 1 Then
        O1 = 3
    End If
    If ComboBox4.SelectedIndex = 2 Then
        O1 = 2
    End If
    If ComboBox4.SelectedIndex = 3 Then
        O1 = 1
    End If
End Sub

Private Sub btneco_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btneco.Click
    Envi = (E1 + E2 + E3) / 3
    OSH = (O1 + O2) / 2
    Ecso = (Envi + OSH) / 2
    If E1 > 0 And E2 > 0 And E3 > 0 And O1 > 0 And O2 > 0 Then
        Me.Close()
    Else
        MessageBox.Show("Please complete all of the questions ")
    End If
End Sub
```

Figura 3.6: Código correspondente à avaliação dos fatores e dos indicadores.

As janelas correspondentes aos restantes indicadores têm um *layout* muito similar ao demonstrado e os comandos utilizados são muitos parecidos, alterando respetivamente

os valores e as variáveis. Analisando agora a janela da apresentação da avaliação NTU e respetivo gráfico, o *layout* de apresentação da janela será idêntico ao da Figura 3.7.

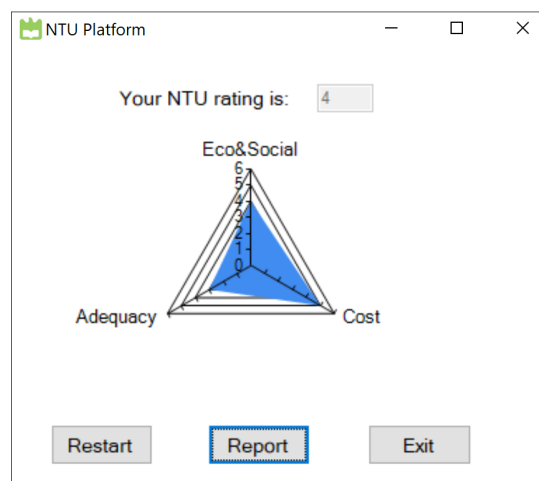


Figura 3.7: Janela do resultado final da avaliação NTU.

É possível observar na Figura 3.7 que esta janela apresenta o resultado da avaliação NTU, um gráfico e três botões. O resultado é calculado reunindo todos os valores dos fatores avaliados anteriormente e fazendo a média destes. Depois esse valor é apresentado numa *TextBox*, o código pode ser comprovado na Figura 3.8.

```
Resultado = CStr((Envi + OSH + Econo + Ener + Prod + Comp) / 6)  
TextBox1.Text = Resultado
```

Figura 3.8: Código do cálculo do índice NTU.

Para a obtenção do gráfico o Visual Basic tem já um objeto definido para a inserção de uma gráfico na janela. As definições do gráfico são modificadas numa janela própria chamada "Editor de Coleção Series", onde por exemplo podemos escolher o tipo de gráfico a apresentar, como demonstrado na Figura 3.9.

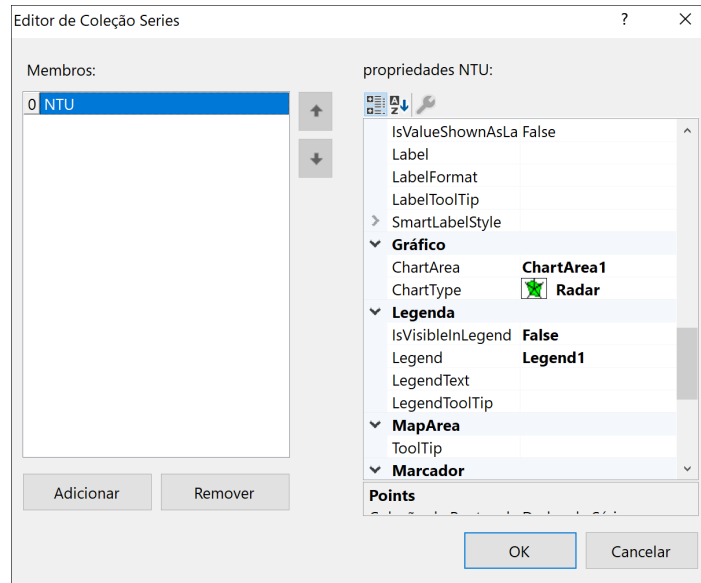


Figura 3.9: Editor de Coleção Series.

As variáveis do gráfico são definidas com os comandos representados na Figura 3.10. O gráfico representa a contribuição de cada indicador na avaliação final.

```
Me.grafico.Series("NTU").Points.AddXY("Eco&Social", EcoSo)
Me.grafico.Series("NTU").Points.AddXY("Cost", Cost)
Me.grafico.Series("NTU").Points.AddXY("Adequacy", Adeq)
```

Figura 3.10: Código da definição das variáveis do gráfico.

Nesta janela são apresentados também três botões correspondentes a reiniciar a avaliação, gerar um relatório final e sair da plataforma. O relatório gerado pela plataforma NTU é criado num formato word do *Microsoft Office*. Para isso é necessário instalar uma extensão no *Visual Studio* indicada para tal e fazer a importação dessas definições utilizando o comando *Imports*, como demonstrado na Figura 3.11.

```
Imports Word = Microsoft.Office.Interop.Word
```

Figura 3.11: Comando *Imports Microsoft Office Word*.

Analisando agora o código criado para a geração de um relatório final, este pode ser dividido em dois comandos principais: criação de parágrafos de texto e criação de tabela. Para cada parágrafo que se pretende inserir no relatório é preciso criar uma variável, como o exemplo da Figura 3.12.

```
Dim oPara1 As Word.Paragraph
Dim oPara2 As Word.Paragraph
Dim oPara3 As Word.Paragraph
Dim oPara4 As Word.Paragraph
Dim oPara5 As Word.Paragraph
```

Figura 3.12: Variáveis para criação de parágrafos.

Após criar a variável já é possível inserir um parágrafo. Existem muitas definições que podem ser inseridas como código para formatar o texto inserido. Na Figura 3.13 são demonstrados dois parágrafos presentes no relatório final, com todos os comandos utilizados.

```
oPara3 = oDoc.Content.Paragraphs.Add(oDoc.Bookmarks.Item("\endofdoc").Range)
oPara3.Range.Text = "Avaliação detalhada:"
oPara3.Range.Font.Bold = True
oPara3.Range.Font.Size = 14
oPara3.Format.SpaceAfter = 24
oPara3.Range.InsertParagraphAfter()

oPara4 = oDoc.Content.Paragraphs.Add(oDoc.Bookmarks.Item("\endofdoc").Range)
oPara4.Range.Font.Bold = False
oPara4.Range.Font.Size = 12
oPara4.Range.Text = "A avaliação NTU é realizada segundo as medidas dos fatores,
                    apresentadas na tabela abaixo, que ao serem analisadas atribuirão
                    um valor de avaliação ao respetivo fator."
oPara4.Range.InsertParagraphAfter()
```

Figura 3.13: Código para criação de parágrafos.

Para a criação de uma tabela o procedimento é muito similar, cria-se uma variável (Figura 3.14) e depois é escrito código que define as dimensões da tabela, o texto inserido na tabela, os espaçamentos, o alinhamento do texto, as variáveis que se pretendem inserir bem como outras definições que podem ser vistas na Figura 3.15.

```
Dim oTable As Word.Table
Dim oTable1 As Word.Table
Dim oTable2 As Word.Table
```

Figura 3.14: Variáveis para criação de tabelas.

```
oTable = oDoc.Tables.Add(oDoc.Bookmarks.Item("\endofdoc").Range, 7, 3)
oTable.Range.ParagraphFormat.SpaceAfter = 6
oTable.Range.Font.Bold = False
oTable.Range.Font.Size = 12
oTable.Range.Paragraphs.Alignment = Word.WdParagraphAlignment.wdAlignParagraphCenter
oTable.Columns.Item(2).Width = oWord.InchesToPoints(1)
oTable.Cell(1, 1).Range.Text = "Indicator"
oTable.Cell(1, 1).Range.Font.Size = 14
oTable.Cell(1, 1).Range.Font.Bold = True
oTable.Cell(1, 2).Range.Text = "Factor"
oTable.Cell(1, 2).Range.Font.Size = 14
oTable.Cell(1, 2).Range.Font.Bold = True
oTable.Cell(1, 3).Range.Text = "Measures"
oTable.Cell(1, 3).Range.Font.Size = 14
oTable.Cell(1, 3).Range.Font.Bold = True
```

Figura 3.15: Código para criação de tabelas.

O botão *Restart* permite ao utilizador reiniciar a avaliação da plataforma. Neste caso é apresentado ao utilizador duas opções para reiniciar, a primeira é reiniciar a avaliação mantendo todos os dados utilizados na última avaliação efetuada. O código escrito pode ser observado na Figura seguinte.

```
Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click
    Form2.Close()
    Form6.Close()
    Form1.Show()
    Me.Close()
End Sub
```

Figura 3.16: Código para reiniciar mantendo os valores das variáveis.

A segunda opção trata-se de reiniciar a plataforma apagando todos os dados da última avaliação efetuada. Para tal a plataforma necessita de apagar todos os dados das variáveis utilizadas. O caso para esta ação está demonstrado na Figura 3.17.

```
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
    Resultado = Nothing
    'Form 3
    E1 = Nothing; E2 = Nothing; E3 = Nothing; Envi = Nothing; O1 = Nothing
    O2 = Nothing; OSH = Nothing; Ecso = Nothing
    'Form 4
    Econo = Nothing; Ener = Nothing; Cost = Nothing
    'Form 5
    Prod1 = Nothing; Prod2 = Nothing; Prod = Nothing; Comp1 = Nothing
    Comp2 = Nothing; Comp = Nothing; Adeq = Nothing
    'Form 9
    Datavalue_materiais = Nothing
    'Form 10
    Datavalue_processos = Nothing
    Form2.Close()
    Form6.Close()
    Form1.Show()
    Me.Close()
End Sub
```

Figura 3.17: Código para reiniciar apagando os valores das variáveis.

Por fim o botão Sair encerra a plataforma. Para tal o comando a enviar à plataforma é o comando End.

De um modo sucinto, este foi o código utilizado na programação da plataforma nos comandos da avaliação. Na secção seguinte vai ser abordada a segunda parte da programação correspondente à comunicação da plataforma com a base de dados NTU.

3.1.2 Base de Dados

A comunicação com a base de dados trata-se de outra etapa do subcapítulo Programação. Uma parte da programação da plataforma está executada e a base de dados NTU está criada nesta fase, faltando apenas a comunicação da plataforma com a base de dados. Para tal é necessário escrever o código necessário para esta comunicação. Um dos pontos iniciais para esta comunicação e para a programação é a instalação da extensão MySQLClient no Visual Studio de modo a todos os comandos, instruções e comunicações serem reconhecidos pelo Visual Studio. O processo é similar ao da instalação da extensão Office Word explicada anteriormente. Após a instalação é necessário fazer o Import MySQL.Data.MySQLClient em cada janela que seja necessária a comunicação com a base de dados. Os comandos para esta comunicação podem ser vistos na Figura 3.18. É necessário criar uma *string* com os dados da base de dados: ip do servidor da base de dados, o *user id* da base de dados, a *password* do *user* e a base de dados que se pretende

aceder. Depois procede-se ao estabelecimento da comunicação, nesta etapa é necessário definir a que tabela é pretendido aceder.

```
Imports MySql.Data.MySqlClient

Public Class Form9
    Dim str As String = "server=*****; uid=*****; pwd=*****; database=NTU_DB; Allow User Variables=True"
    Dim con As New MySqlConnection(str)

    Sub load()
        Dim query As String = "select * from NTU_materiais"
        Dim adpt As New MySqlDataAdapter(query, con)
        Dim ds As New DataSet()
        adpt.Fill(ds, "Emp")
        DataGridView1.DataSource = ds.Tables(0)
        con.Close()
        TextBox1.Clear()
        con.Close()
    End Sub
End Class
```

Figura 3.18: Comandos para a comunicação com a base de dados.

Na plataforma foram efetuados dois tipos de requisição à base de dados, um diz respeito à apresentação de todos os dados da base de dados, tanto da tabela dos materiais como dos equipamentos/consumíveis, e outra trata-se da introdução de novos dados na base de dados.

Para o primeiros tipo a plataforma apresenta uma janela, como apresentado na Figura 3.19, onde é apresentada uma tabela com todos os dados, uma barra superior para pesquisar na base de dados e um quadro na zona inferior da janela que apresenta os materiais ou equipamentos/consumíveis selecionados. Para a apresentação da tabela da base de dados, foi utilizado uma *DataGridView*. Deste modo a tabela, no caso apresentado trata-se da tabela dos materiais, pode ser apresentada na sua totalidade e permite um sistema mais interativo para o utilizador. O código utilizado para apresentar a tabela dos materiais na *DataGridView* da janela da plataforma está inserido no código da comunicação com a base de dados, Figura 3.18.

The screenshot shows a window titled "NTU Platform". At the top, there is a search bar with a "Search" button and a "Select" button. Below this is a table with the following columns: Material, Main_attribute, Origin, Cost, Recyclability_conditions, and OSH_factors. The table contains several rows of material data. Below the table, there is a section labeled "List of materials selected:" with a list box containing the word "Material". To the right of the list box are "Remove" and "Save" buttons. At the bottom right of the window is a "Return" button.

Material	Main_attribute	Origin	Cost	Recyclability_conditions	OSH_factors
Hexamethyldisoxane (HMDSO) 38%, Aldich	Transparent and super-hydrophobic coating	Sigma Aldich	41 10€/ 500ML (Sigma Aldich, 2016a)	n.a.	Flammable liquids (Category 2), H225: Acute aq...
Argon gas to support HMDSO coating	Inert gas	Air Liquide	5.40€/ m3	n.a.	Gas under pressure; Suffocating at high concen...
Helmet Polycarbonate (PC)	Transparency	Helmet Producers	n.a. (supplied by helmet producer (client))	Completely recyclable; Eco Indicator 99: 0.43 Pt...	Low risk component
Silicon wafer	Substrate material (Silicon <100>, N-type, diam. x...	Sigma Aldich	129.50 €/ wafer	Offer surplus and non-recyclable solutions to a l...	Not a hazardous substance or mixture accordin...
Argon gas (Purity ≥ 99.999%)	Precursor gas (Deposition stage)	Air Liquide	5.40 €/ m3	n.a.	Gas under pressure; Suffocating at high concen...

Figura 3.19: Janela da tabela dos materiais da base de dados NTU.

Para efetuar a pesquisa, o utilizador pode escrever o nome do material pretendido e aparecerão automaticamente as opções disponíveis na base de dados, consoante as letras que foram escritas na *TextBox*. Este código é apresentado na Figura 3.20.

```
Dim adapater As MySqlDataAdapter
Dim ds As New DataSet
Try
    con.Open()
    adapater = New MySqlDataAdapter("SELECT * FROM `NTU_materiais` WHERE Material like '%" & TextBox1.Text & "%'", con)
    adapater.Fill(ds)
    DataGridView1.DataSource = ds.Tables(0)
    con.Close()
Catch ex As Exception
End Try
```

Figura 3.20: Código para pesquisa na base de dados.

Para seleccionar os materiais pretendidos para a avaliação o código criado está apresentado na Figura 3.21. O *DataGridView1* diz respeito à tabela com os dados diretamente da base de dados, o *DataGridView2* é uma tabela com os dados que são seleccionados pelo utilizador e o *DataGridView3* é o quadro da lista de materiais utilizados. O *DataGridView2* não é visível para o utilizador, sendo esta a tabela de todos os dados que foram seleccionados pelo utilizador com toda a informação associada. A diferença entre o *DataGridView2* e o *DataGridView3* é que o *DataGridView3* apenas guarda a coluna do nome dos materiais para assim apenas apresentar para o utilizador quais os materiais seleccionados, enquanto a *DataGridView2* guarda todos os dados desses materiais.

```

Dim rows As DataGridViewRow = DataGridView1.CurrentRow
If Me.DataGridView2.DataSource IsNot Nothing Then
    Me.DataGridView2.DataSource = Nothing
Else
    'Me.DataGridView2.Rows.Clear()
End If

For f As Integer = 0 To DataGridView1.SelectedRows.Count - 1
    Dim index As Integer = DataGridView2.Rows.Add()
    DataGridView2.Rows(index).Cells(0).Value = DataGridView1.SelectedRows(f).Cells(0).Value.ToString()
    DataGridView2.Rows(index).Cells(1).Value = DataGridView1.SelectedRows(f).Cells(1).Value.ToString()
    DataGridView2.Rows(index).Cells(2).Value = DataGridView1.SelectedRows(f).Cells(2).Value.ToString()
    DataGridView2.Rows(index).Cells(3).Value = DataGridView1.SelectedRows(f).Cells(3).Value.ToString()
    DataGridView2.Rows(index).Cells(4).Value = DataGridView1.SelectedRows(f).Cells(4).Value.ToString()
    DataGridView2.Rows(index).Cells(5).Value = DataGridView1.SelectedRows(f).Cells(5).Value.ToString()
Next

For r As Integer = 0 To DataGridView1.SelectedRows.Count - 1
    Dim index As Integer = DataGridView3.Rows.Add()
    DataGridView3.Rows(index).Cells(0).Value = DataGridView1.SelectedRows(r).Cells(0).Value.ToString()
Next
TextBox1.Clear()

```

Figura 3.21: Código da seleção dos materiais pretendidos.

O utilizador tem também a função de remover itens da tabela dos materiais utilizados (*DataGridView3*). Para tal, o utilizador seleciona os materiais na lista e pressiona em “*Remove*”. O código funciona de acordo com a Figura 3.22. O item selecionado no *DataGridView3* é removido tanto do *DataGridView3* como do *DataGridView2*.

```

Dim indexlist As Integer
If DataGridView3.CurrentCell Is Nothing Then
Else
    indexlist = DataGridView3.CurrentCell.RowIndex
    DataGridView3.Rows.RemoveAt(indexlist)
    DataGridView2.Rows.RemoveAt(indexlist)
End If

```

Figura 3.22: Código de remoção de itens selecionados.

Para finalizar as ações desta janela o utilizador deverá guardar a lista de materiais selecionados. Caso o utilizador não guarde aparecerá uma mensagem “*Please Select and Save Materials Data*” (Por favor selecione e guarde os dados dos Materiais). Se o número de itens da *ListBox2* for menor ou igual a zero esta mensagem irá aparecer. O código para esta ação está apresentado na Figura 3.23.

```

If ListBox2.Items.Count <= 0 Then
    MessageBox.Show("Please Select and Save Materials data")
Else
    Me.Close()
End If

```

Figura 3.23: Código de aviso de dados não guardados.

Para guardar os dados relativos aos materiais selecionados, o código está apresentado na figura abaixo. A variável criada *Datavalue_materiais* é uma variável do tipo *string* e irá armazenar os dados relativos aos materiais selecionados. Para cada coluna e linha da

DataGridView2 esse item será adicionado à variável. Depois é feita uma contagem para verificar se todos os itens foram inseridos na variável.

```

If ListBox2.Items.Count <= 0 Then
    Datavalue_materiais = New String(DataGridView2.Rows.Count - 1, DataGridView2.Columns.Count - 1) {}
    For Each row As DataGridViewRow In DataGridView2.Rows
        For Each col As DataGridViewColumn In DataGridView2.Columns
            Datavalue_materiais(row.Index, col.Index) = DataGridView2.Rows(row.Index).Cells(col.Index)
                .Value.ToString()
        Next
    Next
    Dim i As Integer = 1
    Dim strval As String = ""
    For Each ss As String In Datavalue_materiais
        strval += ss & "||"
        If i = 6 Then
            ListBox2.Items.Add(strval)
            strval = ""
            i = 0
        End If
        i += 1
    Next
Else
End If

```

Figura 3.24: Código para guardar itens selecionados.

A segunda parte da comunicação com a base de dados diz respeito à introdução de novos dados na base de dados NTU. Nesta etapa a janela da plataforma apresenta um conjunto de *Textboxes* onde o utilizador irá inserir os seus dados. Uma das primeiras ações nesta janela é apagar todos os dados das *Textboxes* para a janela iniciar sem dados. A Figura 3.25 demonstra como o código foi criado para este processo. Este processo é acionado quando o utilizador clica no botão *Insert*. A primeira ação a ser executada é verificar se todos os campos foram preenchidos. Se existir um campo que não esteja preenchido aparecerá uma mensagem “*Insert data*” e o processo termina. Caso todos os campos estejam preenchidos são então inseridos os dados na base de dados e aparecerá uma mensagem com o texto “*Data inserted*”, confirmando a introdução dos dados na base de dados.

```

Private Sub btnInput_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btnInput.Click
    If TextBox1.Text = String.Empty Or TextBox2.Text = String.Empty Or TextBox3.Text = String.Empty Or
        TextBox4.Text = String.Empty Or TextBox5.Text = String.Empty Or TextBox6.Text = String.Empty Then
        MessageBox.Show("Insert Data")
    Else
        Dim command As New MySqlCommand("INSERT INTO `NTU_materiais`(`Material`, `Main_attribute`,
            `Origin`, `Cost`, `Recyclability_conditions`, `OSH_factors`) VALUES (@Material,
            @Main_attribute,@Origin,@Cost,@Recyclability_conditions,@OSH_factor)", con)
        command.Parameters.Add("@Material", MySqlDbType.VarChar).Value = TextBox1.Text
        command.Parameters.Add("@Main_attribute", MySqlDbType.VarChar).Value = TextBox2.Text
        command.Parameters.Add("@Origin", MySqlDbType.VarChar).Value = TextBox3.Text
        command.Parameters.Add("@Cost", MySqlDbType.VarChar).Value = TextBox4.Text
        command.Parameters.Add("@Recyclability_conditions", MySqlDbType.VarChar).Value = TextBox5.Text
        command.Parameters.Add("@OSH_factor", MySqlDbType.VarChar).Value = TextBox6.Text
        con.Open()
        If command.ExecuteNonQuery() = 1 Then
            MessageBox.Show("Data Inserted")
        Else
            MessageBox.Show("ERROR")
        End If
        con.Close()
        load()
    End If
End Sub

```

Figura 3.25: Inserção de dados diretamente na base de dados.

Estes são os comandos principais utilizados no desenvolvimento da plataforma NTU. Existem outros pequenos comandos utilizados nesta plataforma que não estão demonstrados nesta dissertação que dizem respeito a pequenos pormenores menos significantes para o intuito da dissertação mas, com a sua importância para o correto funcionamento da plataforma, como por exemplo rotinas de erro, pequenas contagens para certificar que todos os valores estão corretos, variáveis apenas utilizadas para pequenas rotinas, pequenas alterações nas tabelas para uma apresentação mais apelativa, entre outras.

No subcapítulo seguinte são apresentados os *softwares* utilizados e os periféricos necessários para o funcionamento pretendido para a plataforma e para a base de dados.

3.2 Meios Físicos e Software Adotados

O presente subcapítulo aborda os meios físicos e *softwares* adotados no desenvolvimento da plataforma NTU.

A plataforma NTU é um programa criado no Visual Basic em modo de aplicação. A instalação da plataforma NTU será efetuada através de um *setup* criado e disponibilizado para o efeito. Após a instalação da plataforma já é possível a sua utilização, mas para que esta disponibilize todas as funcionalidades, necessitará de ter uma ligação à *Internet*. A ligação à *Internet* tem apenas o propósito de comunicar com a base de dados. Esta ligação é totalmente independente do utilizador. Deste modo estão resumidas todas as necessidades da plataforma NTU como aplicação.

Como já mencionado anteriormente (Secção 2.3.2 - Base de dados) o sistema de gestão de base de dados (SGBD) utilizado foi o MySQL. De todas as considerações que devem ser analisadas aquando da escolha de um SGBD, a primeira a ser abordada foi a correspondente ao *hosting*. Como será hospedado o SGBD da plataforma NTU, foi esta uma das primeiras perguntas colocadas, nesta fase. Existem duas opções mais comuns: utilizar um SGBD com servidor *online* e acesso gratuito, e criar uma maneira de hospedar a base de dados *inhouse*.

Ambas as opções apresentam as suas vantagens e desvantagens. A primeira opção tem a vantagem de não ser necessária a preocupação em arranjar espaço em disco ou algum *hardware* dedicado ao armazenamento dos dados e também a programação e manutenção terá um peso menos exigente para os administradores da plataforma. A segunda opção tem a vantagem de poder ser criada de raiz e de modo mais adaptado e personalizado o *setup* desejado para a base de dados. Analisando as desvantagens das duas opções, a primeira opção tem a desvantagem de apesar de existirem SGBD com servidores *online* que permitam criar uma base de dados e utilizar espaço disponibilizado de uma forma gratuita, esta utilização gratuita apenas é disponibilizada por um tempo determinado. Independentemente do tempo utilizado terá de ficar associado um cartão de crédito obrigatoriamente. A segunda opção tem a desvantagem de toda a programação, gestão do SGBD e respetivo *hardware* teriam de ser criados manualmente e seria necessário a escolha e compra de equipamentos ou encontrar equipamentos disponíveis, bem como aprender novas linguagens e *softwares*.

Esta decisão acabou por não ser muito complicada pois, a associação de um cartão de crédito num projeto de dissertação estava excluída das possibilidades e foi disponibilizado pelo departamento um equipamento que poderia funcionar como servidor para a base de dados NTU e incorporar o SGBD.

O aparelho disponibilizado foi um Raspberry Pi. Deste modo ficou decidido que a base de dados seria criada utilizando como servidor um Raspberry Pi.

O Raspberry Pi é um mini computador, de pequenas dimensões, desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi. O principal objetivo desta fundação é promover o ensino da informática básica nas escolas e nos países em desenvolvimento [24].

De modo a tornar o Raspberry Pi um servidor para base de dados, o método mais rápido, e que é amplamente utilizado, é instalar uma sequência de *softwares* conhecida por LAMP. LAMP é uma combinação de *softwares* que funcionando em conjunto permitem o desenvolvimento de *web-sites* dinâmicos e aplicações *web*. LAMP é um acrónimo para Linux (sistema operacional), Apache (servidor *web*), MySQL (SGBD), PHP (linguagem de programação). Este é o conjunto mais comum de programas instalados do LAMP, apesar de poder haver mais combinações de programas.

Assim é possível ter o Raspberry Pi, facultado pelo departamento, a funcionar como um servidor para a base de dados bem como um SGBD. O *software* Apache permite o acesso *web* da base de dados, criada em MySQL e a interface para a comunicação com a base de dados em PHP. Para esta comunicação com a base de dados e de modo a facilitar o seu acesso e para uma utilização mais fácil e simplificada, foi instalado em conjunto com os softwares referidos uma aplicação *web* chamada de phpMyAdmin.

“O phpMyAdmin é uma ferramenta de *software* livre escrita em PHP, destinada a lidar com a administração do MySQL via *Web*.” [25].

Trata-se de uma aplicação *web*, de acesso livre, que fornece uma interface *web* completa para administrar bases de dados MySQL. É amplamente reconhecido como o aplicativo líder neste campo, sendo traduzido num vasto número de línguas mundiais [26].

O conjunto de softwares LAMP tem várias opções de programas, algumas combinações são mais comuns do que outras, mas por norma dependem das preferências de quem irá criar e gerir estes sistemas.

No caso da base de dados NTU houve alguma ponderação na escolha dos softwares. Visto que é utilizado o Raspberry Pi como *hardware*, o único sistema operativo possível de utilizar é Linux, neste caso o Debian.

Para o servidor a escolha recaiu sobre o Apache. São recomendados nesta etapa da instalação os servidores Apache ou Nginx. A opção tomada foi a instalação do Apache pois este é um dos servidores livres mais utilizados na Internet pública [27].

Para a escolha do sistema de gestão de base de dados, já foi aprofundado anteriormente qual a escolha e sobre que parâmetros esta decisão foi tomada, Secção 2.4.2 - Base de dados. Neste caso a escolha incidiu no MySQL.

Na linguagem de programação a escolhida foi a PHP. PHP é uma linguagem de programação originalmente apenas para o desenvolvimento de aplicações *web* e comunicações com servidores (*server-side scripting*), funcionando agora também como uma linguagem de uso geral [28].

Deste modo estão reunidas todas as condições para a criação da base de dados NTU, que dá resposta aos requisitos impostos inicialmente. O capítulo seguinte irá incidir sobre a plataforma, vista na perspetiva do utilizador.

Capítulo 4

Versão Beta da Plataforma

Neste capítulo será feita uma apresentação da plataforma NTU, o modo como esta é apresentada, todas as funcionalidades que esta incorpora e um exemplo de manual do utilizador. Todas as etapas que a avaliação respeita, como se deverão utilizar os comandos para obter o melhor rendimento da plataforma, bem como de que modo deverão ser introduzidos os dados na base de dados. Todos estes e outros pequenos aspetos vão ser abordados para assim garantir uma melhor experiência ao utilizador.

Este capítulo é denominado "Versão beta da plataforma", dado ao facto de ser a primeira apresentação da plataforma NTU. Esta é a primeira versão da plataforma, podendo vir a sofrer alterações e melhorias futuras, não podendo no entanto ser definida como a versão final da plataforma NTU.

A plataforma encontra-se, na sua totalidade, escrita na língua inglesa, dado o facto de esta se tratar de uma língua universal. Esta decisão surgiu numa ideia de universalização da plataforma NTU, permitindo que esta seja utilizada por um público mais alargado, não se restringindo apenas ao público familiarizado com a língua portuguesa.

Ao iniciar a plataforma NTU a primeira janela a aparecer será similar à da Figura 4.1. Esta é a janela de início da plataforma. Clicando em “*Start*” dará início à plataforma.

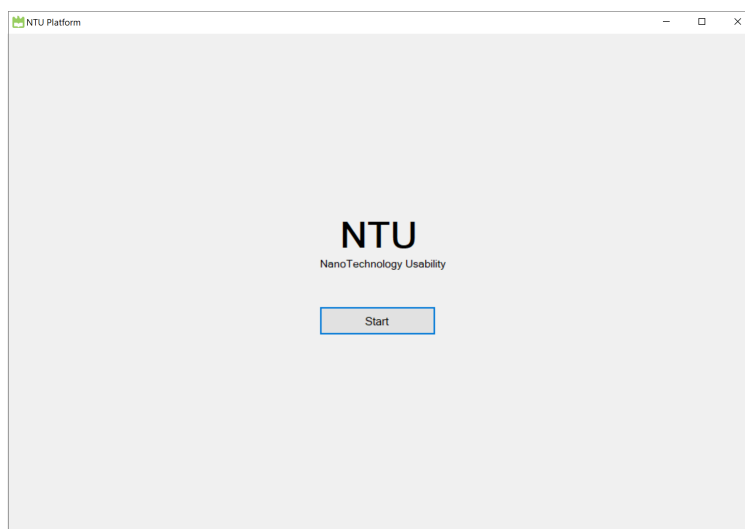


Figura 4.1: Primeira janela da plataforma NTU.

A janela que aparecerá a seguir, como representado na Figura 4.2, contém um pequeno resumo introdutório à plataforma e ao funcionamento da ferramenta NTU. “Continue” dará seguimento à aplicação.

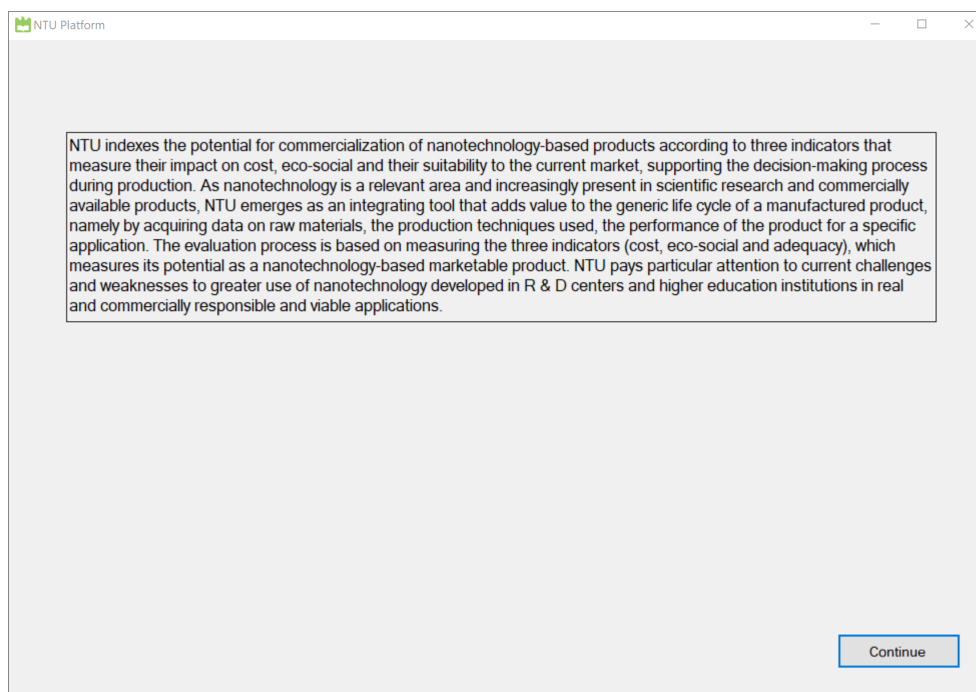


Figura 4.2: Janela introdutória da plataforma.

Após esta introdução, a janela seguinte corresponde à primeira etapa de decisão para o utilizador. Nesta janela o utilizador terá de escolher entre uma avaliação rápida ou uma avaliação detalhada. São apresentadas umas breves instruções de como deverá proceder nesta etapa. A Figura 4.3 demonstra como é a apresentação desta janela. Nesta etapa o utilizador tem duas opções. A avaliação rápida é uma avaliação que é indicada para utilizadores que pretendem uma avaliação mais simples e rápida, sem a necessidade de associar materiais ou equipamentos e consumíveis à análise. É indicada para utilizadores que estejam numa fase inicial de desenvolvimento da pesquisa. Neste tipo de avaliação o utilizador irá responder a algumas perguntas correspondentes aos três indicadores da avaliação NTU, como descritos no Subcapítulo 2.2.

A avaliação detalhada é mais indicada para utilizador que já possui planos de desenvolvimento mais definidos e detalhados, com materiais específicos e equipamentos utilizados. Este tipo de avaliação tem duas etapas: uma que diz respeito à introdução dos dados relativos aos materiais, equipamentos e consumíveis utilizados e uma segunda onde o utilizador irá responder a um questionário igual ao questionário da avaliação rápida.

4.1 Avaliação Rápida

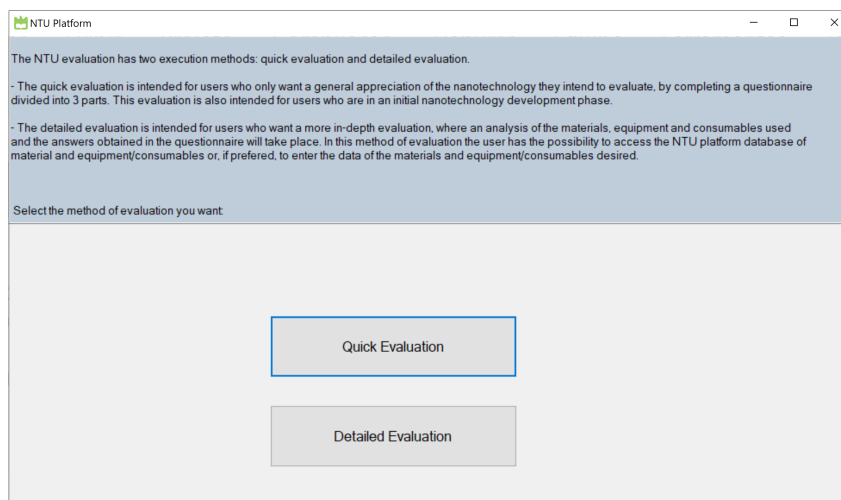


Figura 4.3: Janela da escolha do tipo de avaliação.

4.1.1 Avaliação

Neste subcapítulo vai ser abordada a avaliação rápida, sendo a avaliação detalhada abordada no subcapítulo seguinte. Selecionando a opção da avaliação rápida (“*Quick Evaluation*”) a janela seguinte que irá aparecer terá a organização apresentada na Figura 4.4. Nesta, o utilizador poderá decidir se pretende responder a todos os indicadores, e assim realizar uma avaliação mais completa, ou quais os indicadores que pretende avaliar. Esta janela contém também umas pequenas instruções. Clicando na opção Eco&Social, como demonstrados na Figura 4.4, a janela que irá aparecer será igual à Figura 4.5.

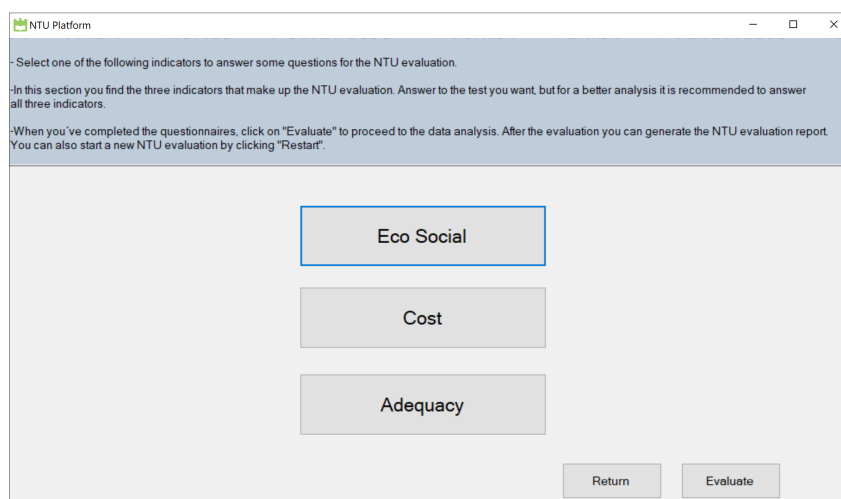


Figura 4.4: Janela Avaliação - Indicadores.

O utilizador tem disponível um conjunto de perguntas relacionadas com o indicador Eco&Social. Em cada fator apresentado, neste caso o fator Ambiental e OSH, o utilizador terá uma referência (*excellence*) que representará a resposta ideal para o respetivo fator. A referência diz respeito ao fator que representa, podendo depois o número de perguntas variar de fator para fator.

The screenshot shows a window titled "NTU Platform" with a standard Windows title bar (minimize, maximize, close buttons). The window is divided into two main sections: "Environmental" and "OSH".

Environmental Section:

- Excellence:** Product and production process regarding environmental impact fully described and certificated under the scope of ISO 14001:2015 standard. The impact is clearly stated and all possible hazards are taken into the consideration. Raw materials and final product with recyclability detailed data and instructions.
- Description and references under the ISO 14001: 2015 standards of the product and production process (environmental impact). Below this is a dropdown menu.
- Environmental impact and possible risk. Below this is a dropdown menu.
- Raw materials and final product with recyclability detailed data and instructions. Below this is a dropdown menu.

OSH Section:

- Excellence:** Product and production process regarding OSH impact fully described and certificated under the scope of OHSAS 18001:2007 standard. The impact is clearly stated and all possible hazards are taken into the consideration.
- Product and production process regarding OSH impact fully described and certificated under the scope of OHSAS 18001:2007 standard. Below this is a dropdown menu.
- The impact on human beings and possible personal and social risks. Below this is a dropdown menu.

At the bottom right of the window is a "Confirm" button.

Figura 4.5: Janela do questionário Eco&Social.

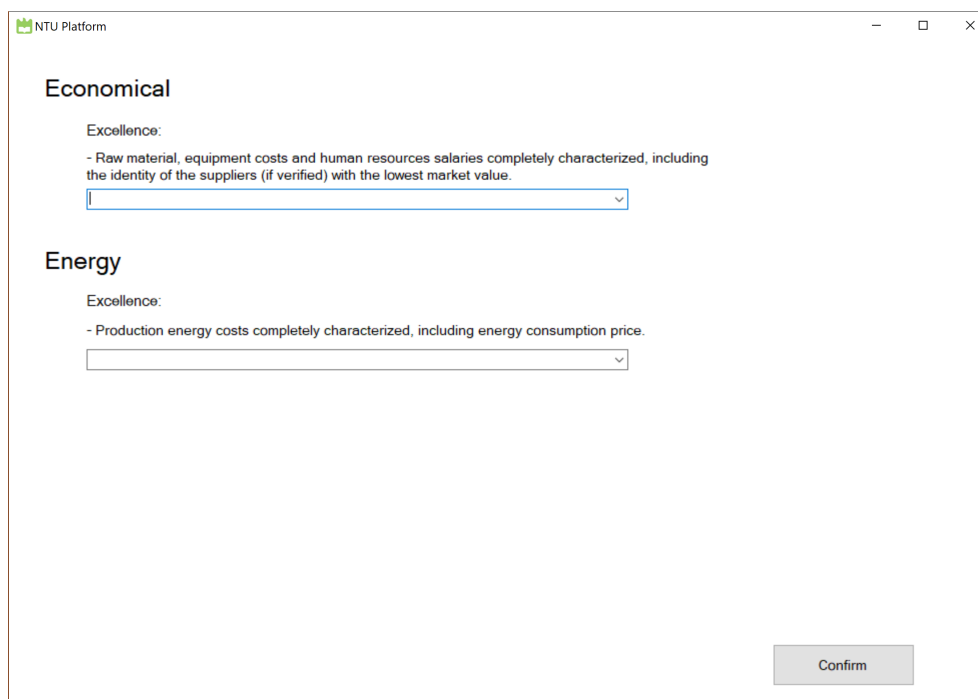
Para cada questão, o utilizador deverá optar por uma das respostas já formuladas, escolhendo a que melhor se adequa ao seu caso de estudo. As respostas foram formuladas de maneira a minimizar a sua subjetividade e o número de opções possíveis de resposta varia consoante a pergunta. Neste caso, para a primeira pergunta existem quatro opções possíveis de resposta, como ilustrado na Figura 4.6.

Figura 4.6: Respostas do fator *Environmental*.

O utilizador deverá responder a todas a perguntas do indicador que decidiu avaliar. Caso não responda a todas a perguntas, quando tentar confirmar as respostas e avançar para a fase seguinte aparecerá uma mensagem “Preencher todos os campos” (“*Please complete all of the questions*”), como demonstrado na Figura 4.7. Esta mensagem indica que não foram selecionadas respostas para todas a perguntas. Para o caso de o utilizador não querer submeter o indicador para a avaliação, não deverá clicar em “*Confirm*”, mas sim fechar a janela na cruz do canto superior direito da janela.

Figura 4.7: Aviso de questionário incompleto.

O utilizador poderá responder aos outros indicadores após ter submetido as respostas do indicador anterior. Sempre que se clicar em “*Confirm*” nesta etapa, o programa retomarà à janela dos indicadores. A ordem pela qual é selecionado o indicador e submetidas as respostas não tem qualquer influência na avaliação. O utilizador poderá sempre alterar as respostas de qualquer indicador depois de submetido, desde que preencha todas a respostas e submeta novamente as respostas. As respostas que serão submetidas a avaliação serão sempre as correspondentes à última submissão do respetivo indicador. A Figura 4.8 corresponde à janela do indicador de Custos e a Figura 4.9 corresponde à janela do indicador Adequação.



The screenshot shows a web application window titled 'NTU Platform'. It contains two main sections: 'Economical' and 'Energy'. Each section has a sub-header 'Excellence:' followed by a descriptive text and a dropdown menu. The 'Economical' section text is: '- Raw material, equipment costs and human resources salaries completely characterized, including the identity of the suppliers (if verified) with the lowest market value.' The 'Energy' section text is: '- Production energy costs completely characterized, including energy consumption price.' A 'Confirm' button is located at the bottom right of the window.

Economical

Excellence:

- Raw material, equipment costs and human resources salaries completely characterized, including the identity of the suppliers (if verified) with the lowest market value.

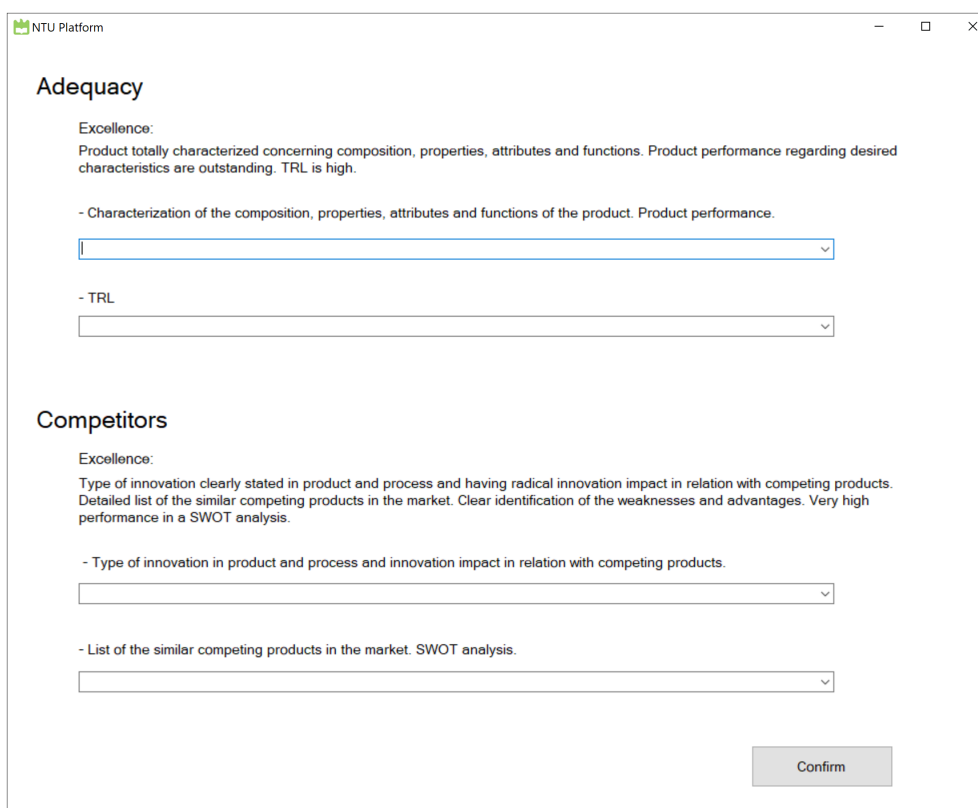
Energy

Excellence:

- Production energy costs completely characterized, including energy consumption price.

Confirm

Figura 4.8: Janela do questionário Custos.



The screenshot shows a web application window titled 'NTU Platform'. It contains two main sections: 'Adequacy' and 'Competitors'. Each section has a sub-header 'Excellence:' followed by a descriptive text and two dropdown menus. The 'Adequacy' section text is: 'Product totally characterized concerning composition, properties, attributes and functions. Product performance regarding desired characteristics are outstanding. TRL is high.' and '- Characterization of the composition, properties, attributes and functions of the product. Product performance.' The 'Competitors' section text is: 'Type of innovation clearly stated in product and process and having radical innovation impact in relation with competing products. Detailed list of the similar competing products in the market. Clear identification of the weaknesses and advantages. Very high performance in a SWOT analysis.' and '- Type of innovation in product and process and innovation impact in relation with competing products.' and '- List of the similar competing products in the market. SWOT analysis.' A 'Confirm' button is located at the bottom right of the window.

Adequacy

Excellence:

Product totally characterized concerning composition, properties, attributes and functions. Product performance regarding desired characteristics are outstanding. TRL is high.

- Characterization of the composition, properties, attributes and functions of the product. Product performance.

Competitors

Excellence:

Type of innovation clearly stated in product and process and having radical innovation impact in relation with competing products. Detailed list of the similar competing products in the market. Clear identification of the weaknesses and advantages. Very high performance in a SWOT analysis.

- Type of innovation in product and process and innovation impact in relation with competing products.

- List of the similar competing products in the market. SWOT analysis.

Confirm

Figura 4.9: Janela do questionário Adequação.

Após completar os questionários dos indicadores, o utilizador deverá clicar em “*Evaluate*” (“Avaliar”) para a plataforma proceder à avaliação das respostas submetidas.

4.1.2 Apresentação dos Resultados

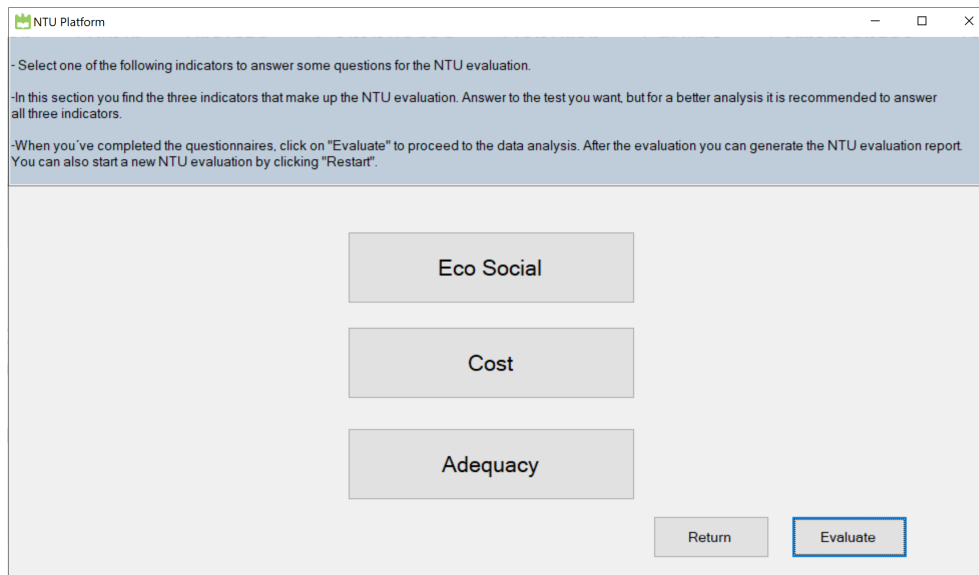


Figura 4.10: Janela Avaliação - Indicadores.

Após a plataforma realizar a avaliação será apresentada uma janela, como o exemplo da Figura 4.11, onde será apresentada a avaliação realizada pela plataforma NTU com uma classificação e um gráfico. A avaliação corresponde ao índice de usabilidade de um produto baseado em nanotecnologia e o gráfico à influência que cada indicador tem na avaliação NTU, como explicado na Secção 2.3.3. Nesta janela existem também três botões. Um botão “*Restart*” (“Recomeçar”) caso o utilizador pretenda recomeçar a avaliação NTU, um botão “*Report*” (“Relatório”) para a plataforma gerar um relatório final com todas a informações da avaliação realizada, como aprofundado na Secção 2.3.3, e um botão “*Exit*” (“Sair”) caso o utilizador pretenda encerrar a plataforma.

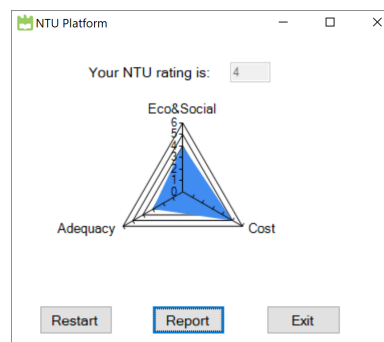


Figura 4.11: Janela resultado da avaliação NTU.

Se o utilizador clicar no botão “Recomeçar”, irá aparecer uma janela, como a Figura 4.12, para o utilizador optar entre manter os dados submetidos na última avaliação realizada, necessitando apenas de realizar algumas modificações, ou realizar uma avaliação totalmente nova.

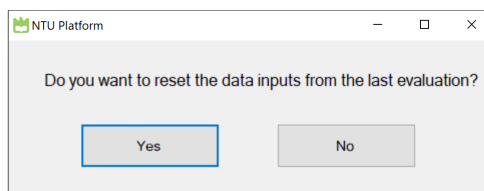


Figura 4.12: Janela opções de reiniciar.

Da avaliação rápida estão demonstrados todas as etapas da avaliação e todas as funções da plataforma para este tipo de avaliação. De seguida irá ser aprofundada a avaliação detalhada.

4.2 Avaliação Detalhada

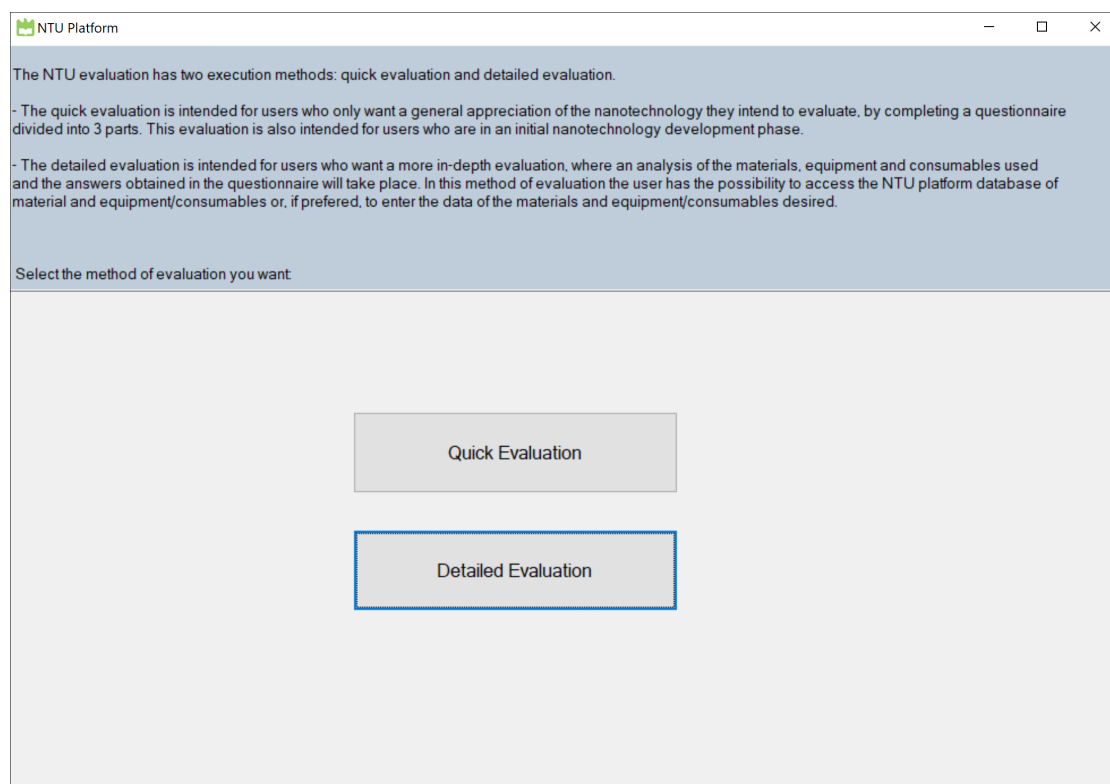


Figura 4.13: Janela da escolha do tipo de avaliação.

4.2.1 Aquisição de Dados - Pesquisa na Base de Dados

A avaliação detalhada acrescenta mais uma etapa ao processo já demonstrado da avaliação rápida. Nesta etapa são inseridos na avaliação os materiais, equipamentos e consumíveis utilizados no caso em estudo. Como podemos ver na Figura 4.14, a primeira janela está dividida em duas partes. Uma parte relativa à pesquisa na base de dados da plataforma NTU e outra à inserção de dados personalizados. Na parte da pesquisa na base de dados existem duas opções, uma que diz respeito à tabela dos materiais e outra à tabela dos equipamentos/consumíveis.

The screenshot shows a web application window titled "NTU Platform". At the top, there is a blue header bar with the text "Select the desired option:". Below this, the main content area is divided into three sections. The first section is titled "Search the NTU platform database" and includes a sub-header "Material" with a button labeled "Search Material". The second section is titled "Equipments/Consumables" with a button labeled "Search Equipments/Consumables". The third section is titled "Custom Data Entry" and includes a sub-header "Add data" with a button labeled "Add data". At the bottom of the window, there are two buttons: "Return" and "Continue".

Figura 4.14: Janela Aquisição da Dados.

Selecionando a opção da pesquisa dos materiais ("*Search Material*"), o utilizador será encaminhado para uma janela com um *layout* demonstrado na Figura 4.15. Nesta janela é apresentada uma tabela com todos os materiais inseridos na base de dados na tabela dos materiais, um barra na zona superior da janela e um quadro na zona inferior da janela.

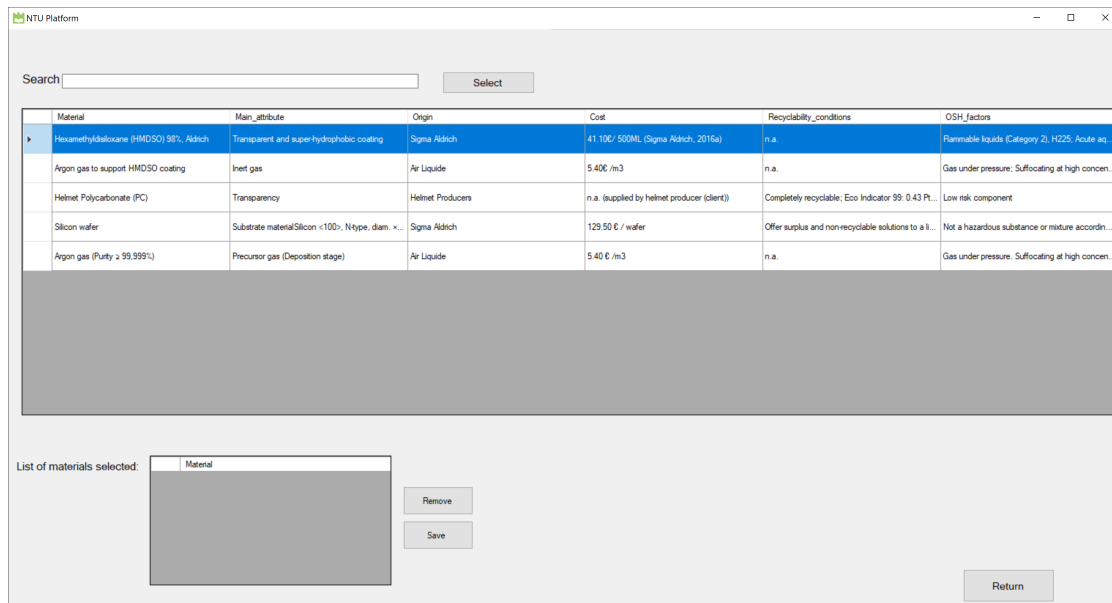


Figura 4.15: Janela da tabela dos materiais da base de dados.

A barra na zona superior da janela tem a função de pesquisa, permitindo ao utilizador pesquisar na base de dados pelos materiais pretendidos. Consoante o que o utilizador introduz, vai sendo automaticamente apresentado os materiais cujos nomes iniciam pela palavra que vai sendo escrita. Este processo permite, assim, uma pesquisa mais rápida e simples na base de dados. Na Figura 4.16 é possível observar este processo de pesquisa.

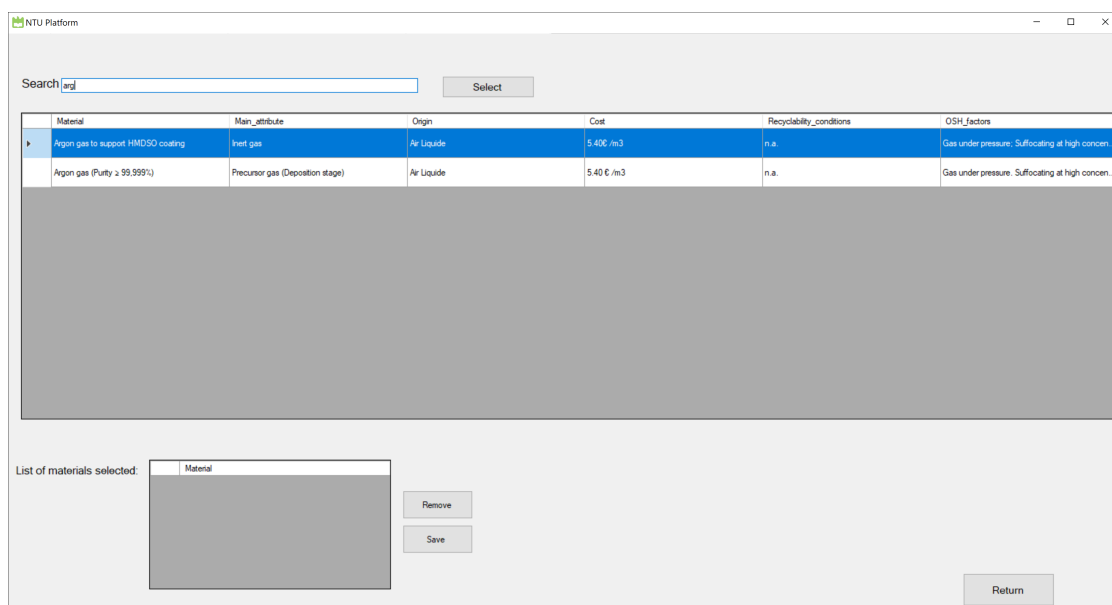


Figura 4.16: Pesquisa na tabela da base de dados.

O quadro inserido na zona inferior da janela tem a função de apresentar os materiais seleccionados pelo utilizador. Apenas os materiais presentes nesse quadro serão submetidos e apresentados no relatório final NTU. Para o utilizador escolher os materiais pretendidos e estes aparecerem no quadro, o utilizador terá de seleccionar na tabela principal o material. Depois de seleccionado (o material está seleccionado quando tem uma barra azul a sombreá-lo, como demonstrado na figura abaixo) terá de clicar no botão “*Select*” (“Selecionar”). Deste modo o material será adicionado na “*List of materials selected*” (“Lista de Materiais Seleccionados”).

NTU Platform

Search

	Material	Main_attribute	Origin
	Hexamethyldisiloxane (HMDSO) 98%, Aldrich	Transparent and super-hydrophobic coating	Sigma Aldrich
	Argon gas to support HMDSO coating	Inert gas	Air Liquide
▶	Helmet Polycarbonate (PC)	Transparency	Helmet Producers
	Silicon wafer	Substrate material Silicon <100>, N-type, diam. x...	Sigma Aldrich
	Argon gas (Purity ≥ 99.999%)	Precursor gas (Deposition stage)	Air Liquide

List of materials selected:

	Material
▶	Helmet Polycarbonate (PC)

Figura 4.17: Seleção do material pretendido.

Outra opção para seleccionar materiais, de uma forma mais rápida, trata-se de seleccionar vários materiais e clicar em “Selecionar”. Deste modo todos os materiais seleccionados serão transferidos para a lista de materiais seleccionados de uma só vez. Este processo é demonstrado nas Figuras 4.18 e 4.19.

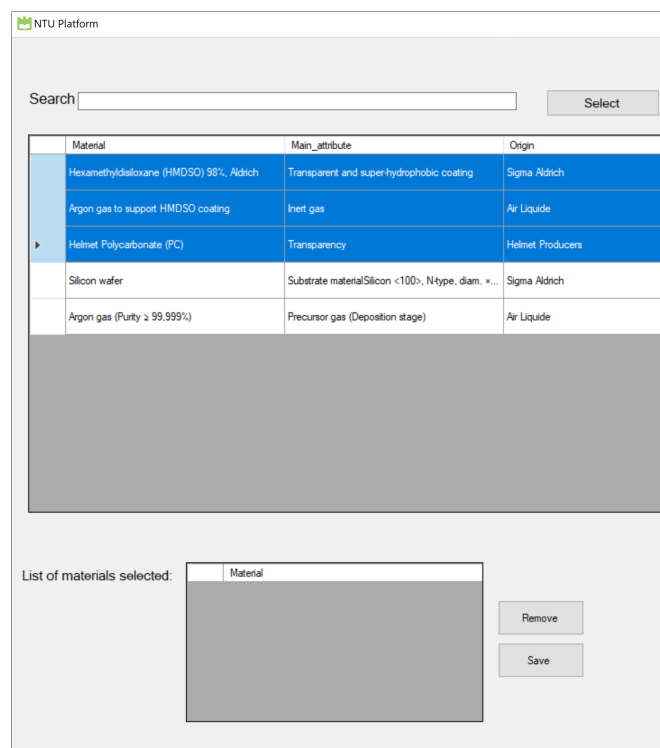


Figura 4.18: Seleção de vários materiais - 1.

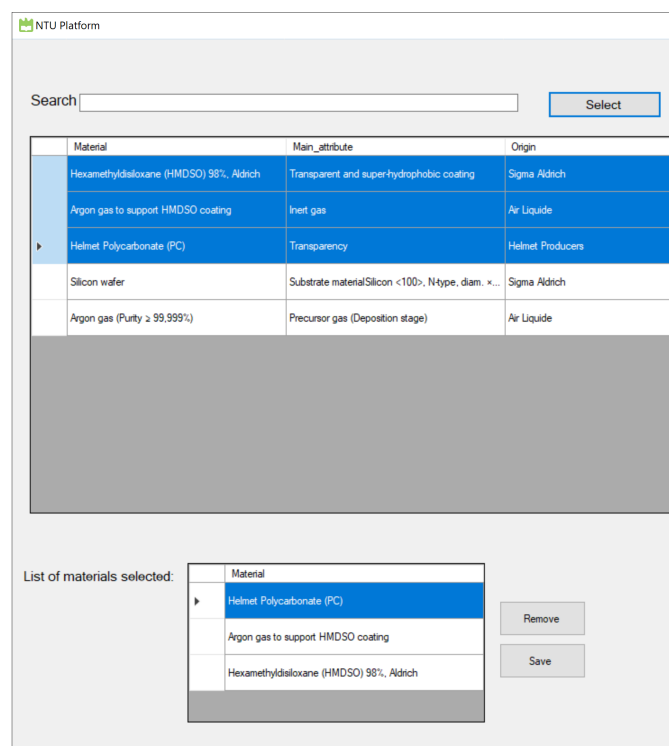


Figura 4.19: Seleção de vários materiais - 2.

O utilizador pode escolher os materiais consoante os vai encontrando na base de dados, não sendo preciso seleccionar todos de uma só vez. É de notar que terá de existir algum cuidado no procedimento de seleção dos materiais, pois no caso de uma seleção repetida do material, na lista de materiais seleccionados terá portanto o material repetido. Para evitar esta situação e no engano no material seleccionado, a plataforma tem a função da remoção dos materiais não pretendidos da lista de materiais seleccionados. O processo de remoção inicia-se pela seleção do(s) material(ais) que o utilizador pretende remover da lista e clicar no botão “*Remove*” (“Remover”) para o(s) remover. O processo é exemplificado nas Figuras 4.20 e 4.21.

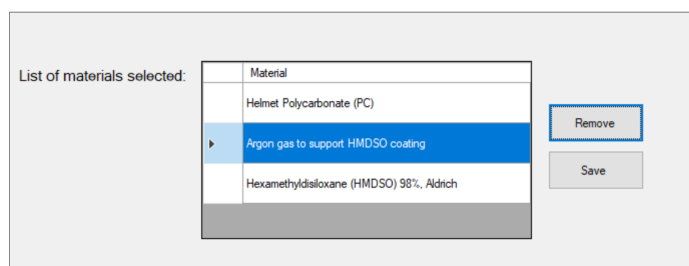


Figura 4.20: Remoção de materiais da lista de materiais seleccionados - 1.

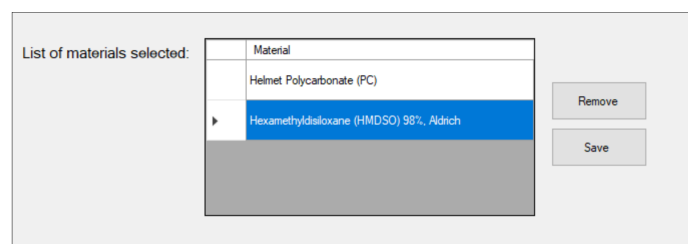


Figura 4.21: Remoção de materiais da lista de materiais seleccionados - 2.

Após a escolha dos materiais, o utilizador deverá clicar em “*Save*” (“Salvar”) para deste modo guardar os itens seleccionados. Esta função guarda todos os materiais que se encontram na lista de materiais seleccionados. Deve proceder à revisão dos itens da lista antes de guardar. É possível guardar várias vezes, apenas sendo analisada pela plataforma o último conjunto de materiais guardado. Para sair da janela da pesquisa na base de dados NTU deverá clicar em “*Voltar*” (“*Return*”). Caso o utilizador tenha itens na lista de materiais seleccionados e não a tenha guardado esta lista, aparecerá uma mensagem de aviso quando tentar voltar.

O exemplo dado foi para a pesquisa de materiais. Para o caso de equipamentos e consumíveis, o procedimento é similar.

4.2.2 Aquisição de Dados - Introdução de Dados Personalizados na Base de Dados

Se não constarem na base de dados os elementos que pretende utilizar para a análise do caso em estudo, o utilizador tem a opção de inserir os próprios dados. Esta é então a segunda parte da avaliação detalhada, mencionada anteriormente.

NTU Platform

Select the desired option:

Search the NTU platform database

- In this option you can search the NTU platform database of materials and equipments/consumables.

Material

Search Material

Equipments/Consumables

Search Equipments/Consumables

Custom Data Entry

- In this option you can enter the data about the materials and equipments/consumables intended to use.
This data will be automatically added into the NTU platform database.
- After adding the data you have to select the material or equipment/consumable in the search options above.

Add data

Return Continue

Figura 4.22: Janela da Aquisição de Dados.

O utilizador neste campo terá duas opções: inserir dados relativos a materiais ou inserir dados relativos a equipamentos/consumíveis.

NTU Platform

Select the desired option:

Search the NTU platform database

- In this option you can search the NTU platform database of materials and equipments/consumables.

Material

Search Material

Equipments/Consumables

Search Equipments/Consumables

Custom Data Entry

- In this option you can enter the data about the materials and equipments/consumables intended to use.
This data will be automatically added into the NTU platform database.
- After adding the data you have to select the material or equipment/consumable in the search options above.

Add data

Return Continue

NTU Platform

Add:

Material

Equipment / Consumables

Figura 4.23: Janela de escolha do tipo de dados a inserir na base de dados.

Para o caso de o utilizador pretender inserir dados relativos a materiais, deverá clicar no botão “*Material*” e preencher os parâmetros necessários para a avaliação NTU. O *layout* da janela está demonstrado na Figura 4.24.

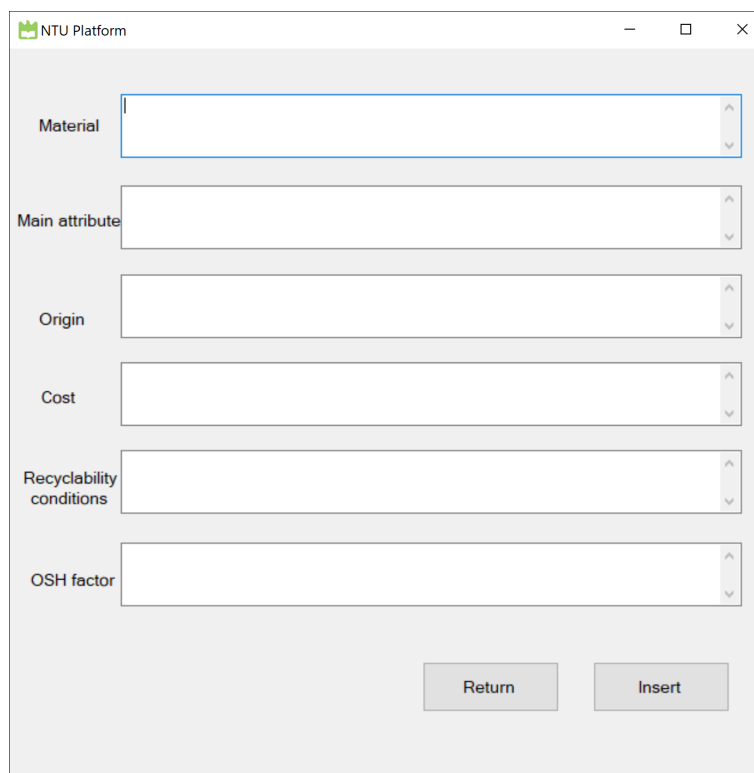
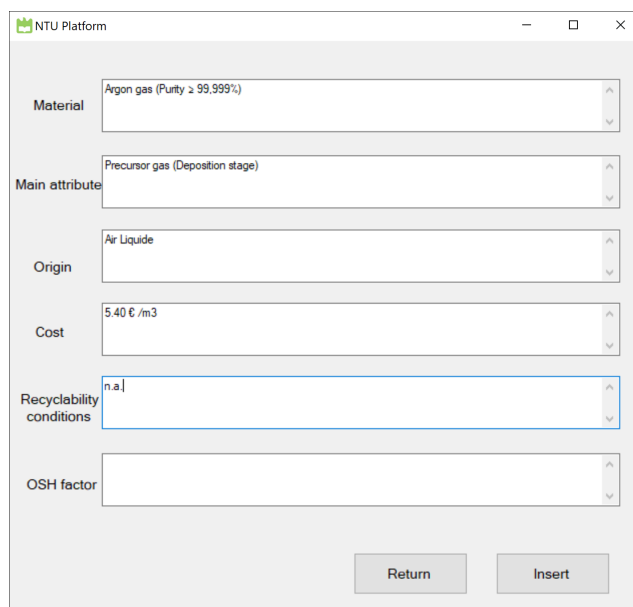
The image shows a software window titled "NTU Platform" with standard Windows window controls (minimize, maximize, close). Inside the window, there are six text input fields arranged vertically, each with a label to its left: "Material", "Main attribute", "Origin", "Cost", "Recyclability conditions", and "OSH factor". Each input field has a small upward and downward arrow icon on its right side, indicating it might be a dropdown or have a search function. At the bottom right of the window, there are two buttons: "Return" and "Insert".

Figura 4.24: Janela inserir dados de Materiais.

O utilizador deverá preencher o máximo de campos possíveis para ter a ficha do material o mais detalhada e completa possível. Os dados inseridos ficarão guardados na base de dados NTU que ficará disponível para todos os utilizadores da plataforma NTU. Caso não disponha de dados para introduzir, deverá preencher com n.a. (acrónimo para: *not available* (não disponível)) para identificar como informação não disponível. Um exemplo deste caso está demonstrado na Figura 4.25.



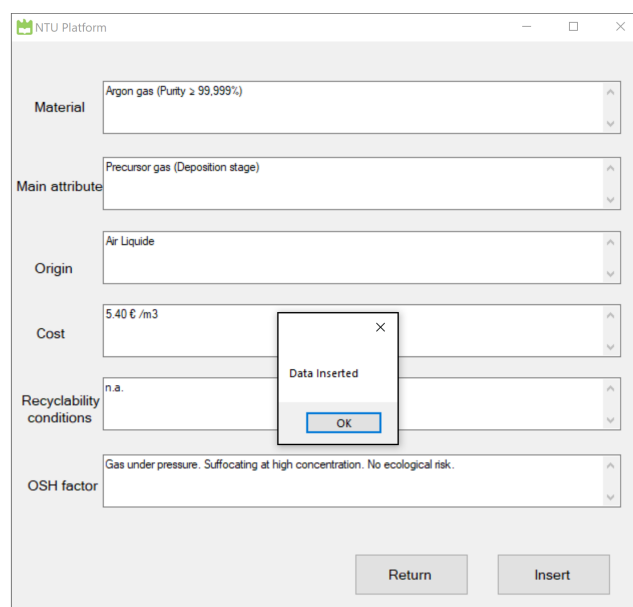
The screenshot shows a web application window titled "NTU Platform". It contains a form with the following fields and values:

- Material:** Argon gas (Purity ≥ 99,999%)
- Main attribute:** Precursor gas (Deposition stage)
- Origin:** Air Liquide
- Cost:** 5.40 €/m3
- Recyclability conditions:** n.a.
- OSH factor:** (empty)

At the bottom right of the form are two buttons: "Return" and "Insert".

Figura 4.25: Exemplo de preenchimento da janela inserção de materiais.

Após preencher todos os campos, deverá clicar em “Inserir” (“*Insert*”). Estes dados serão inseridos na base de dados e ficarão disponíveis para utilizar na avaliação. Quando submeter irá aparecer uma mensagem a confirmar que os dados foram inseridos com sucesso, Figura 4.26.



This screenshot shows the same form as Figure 4.25, but with an additional "Data Inserted" dialog box overlaid in the center. The dialog box has a title bar with a close button (X) and contains the text "Data Inserted" and an "OK" button. The form fields now contain the following values:

- Material:** Argon gas (Purity ≥ 99,999%)
- Main attribute:** Precursor gas (Deposition stage)
- Origin:** Air Liquide
- Cost:** 5.40 €/m3
- Recyclability conditions:** n.a.
- OSH factor:** Gas under pressure. Suffocating at high concentration. No ecological risk.

The "Return" and "Insert" buttons are still visible at the bottom right.

Figura 4.26: Confirmação de inserção de dados com sucesso.

O utilizador tem obrigatoriamente de preencher todos os campos para inserir os dados relativos a um material na base de dados. Caso tente inserir na base de dados sem todos os campos preenchidos irá aparecer uma mensagem “Inserir dados” (“*Insert data*”) para o utilizador concluir a ação. Quando esta mensagem aparecer, nenhum campo preenchido será inserido na base de dados. Caso não tenha informação para preencher um campo, deverá proceder, como explicado anteriormente, preenchendo com n.a.

Para o caso de o utilizador pretender inserir dados relativos a equipamentos/consumíveis, o procedimento deverá ser exatamente o mesmo ao de inserir dados de materiais. A Figura 4.27 mostra os campos que deverá preencher para inserir dados de um equipamento/consumível na base de dados NTU.

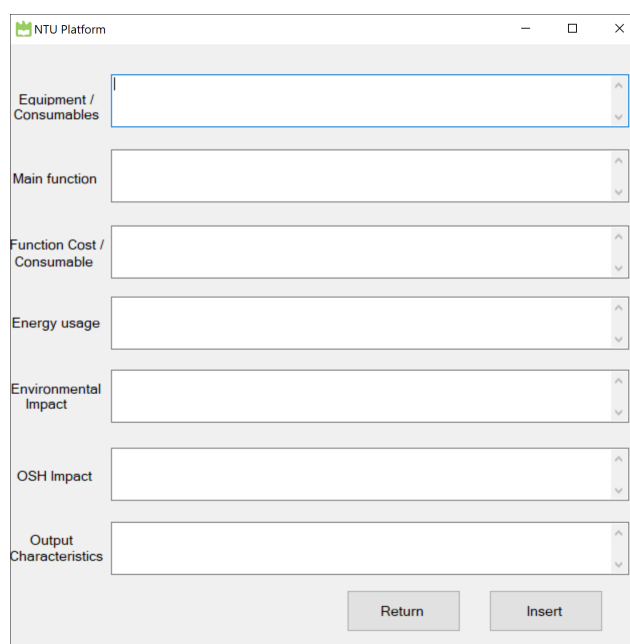
The image shows a software window titled "NTU Platform" with standard Windows window controls (minimize, maximize, close). Inside the window, there are seven input fields, each with a label to its left and a small upward arrow icon to its right. The labels are: "Equipment / Consumables", "Main function", "Function Cost / Consumable", "Energy usage", "Environmental Impact", "OSH Impact", and "Output Characteristics". At the bottom right of the window, there are two buttons: "Return" and "Insert".

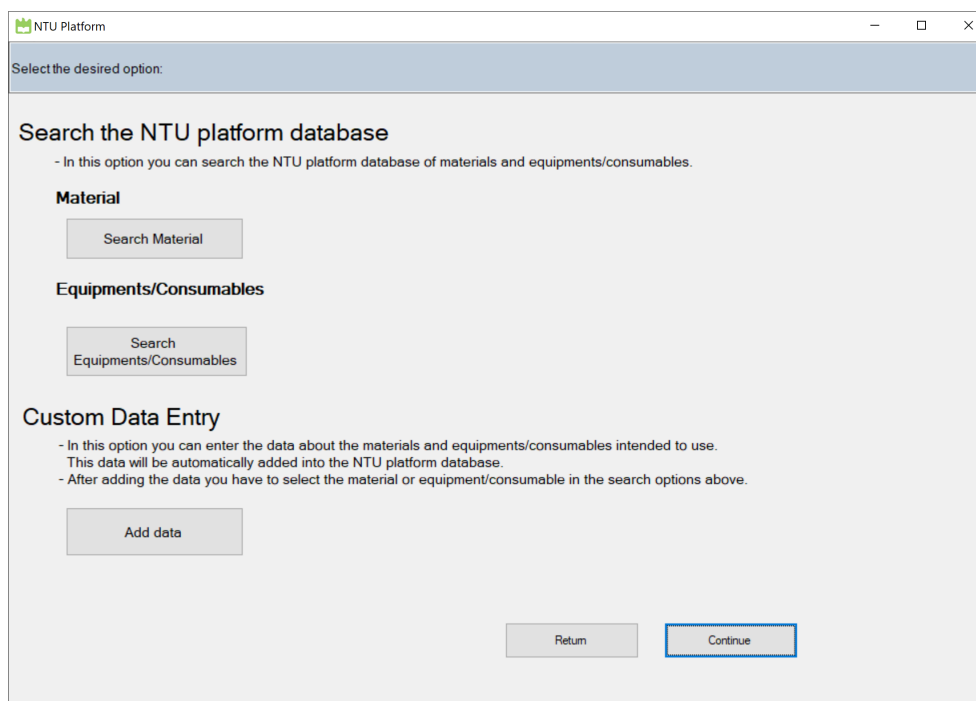
Figura 4.27: Janela inserir dados de Equipamentos/Consumíveis.

O utilizador só poderá inserir um material ou um equipamento/consumível de cada vez. Após inserir os dados personalizados, o utilizador deverá abrir a janela da pesquisa na base de dados para selecioná-los, inseri-los na lista de materiais selecionados ou lista de equipamentos/consumíveis selecionados e guardar essas listas. Resumidamente para adotar os método mais eficiente, o utilizador deverá:

- 1- Pesquisar se a base de dados contém os dados utilizados no caso em estudo;
- 2- Inserir os dados personalizados pretendidos, que não se encontram na base de dados NTU;
- 3- Pesquisar em ambas as tabelas, fazer as seleções pretendidas e guardar as listas dos itens selecionados para avaliação.

Após todos estes passos, o utilizador pode clicar em “Continuar” (“*Continue*”) para proceder à próxima etapa da avaliação NTU.

A etapa seguinte é igual à etapa da avaliação rápida explanada anteriormente (Sub-capítulo 4.1), a partir deste ponto todos passos a seguir são iguais aos passos seguidos na avaliação rápida.



The screenshot shows a web application window titled "NTU Platform". The main heading is "Select the desired option:". Below this, there are three sections:

- Search the NTU platform database**
 - In this option you can search the NTU platform database of materials and equipments/consumables.
 - Material**
 - Search Material
 - Equipments/Consumables**
 - Search Equipments/Consumables
- Custom Data Entry**
 - In this option you can enter the data about the materials and equipments/consumables intended to use. This data will be automatically added into the NTU platform database.
 - After adding the data you have to select the material or equipment/consumable in the search options above.
 - Add data

At the bottom right, there are two buttons: "Return" and "Continue".

Figura 4.28: Janela Aquisição de Dados.

O capítulo seguinte descreve um caso de estudo, onde é utilizada a plataforma NTU para obter a avaliação do potencial produto baseado em nanotecnologia.

Capítulo 5

Caso de Estudo

Neste capítulo vai ser apresentado um caso de estudo que será introduzido na plataforma NTU para proceder à sua avaliação. Irá ser feita uma introdução teórica e a demonstração do programa com o caso de estudo.

5.1 Introdução ao Caso de Estudo

O caso de estudo selecionado para fazer a avaliação NTU foi o Revestimento de Diamante Nanocristalino. A escolha deste caso de estudo recaiu sobre o facto da já existência de um protótipo, com uma bibliografia que consolida os materiais e técnicas utilizadas. Trata-se de uma tecnologia com um TRL 3-4, com a possibilidade de ser facilmente melhorado para valores mais elevados, dependendo da aplicação. Esta tecnologia tem um baixo índice de penetração no mercado comercial, sendo assim um bom exemplo para analisar na plataforma NTU.

Existe um número considerável de técnicas para obtenção de revestimentos diamantados, embora a Deposição Química a partir da fase de Vapor por Filamento Quente (CVD, do inglês *Chemical Vapor Deposition*) seja uma das mais utilizadas, resultante de sua capacidade de revestir substratos com geometrias complexas e variáveis, como ilustrado na Figura 5.1.

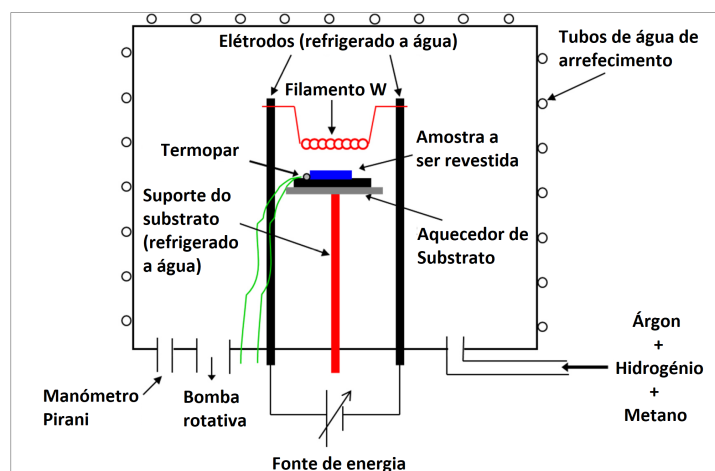


Figura 5.1: Diagrama esquemático do sistema CVD.

O diamante é considerado um material ideal para muitas aplicações devido às suas propriedades extremas. A força da ligação carbono-carbono é a fonte das excepcionais propriedades mecânicas do diamante. As ligações dos átomos são fortes e, consequentemente, o diamante é uma das substâncias mais duras conhecidas. A técnica CVD envolve a deposição de átomos de carbono resultante da dissociação de um precursor de gás contendo carbono em um substrato sólido.

Dependendo das características de revestimento desejadas, os parâmetros CVD podem ser diferentes. Para o presente caso de estudo, será considerado que o objetivo é obter um filme nanocristalino de cerca de 500 nm de espessura sobre um substrato polido de espelho de silício.

Todos os dados utilizados neste caso de estudo foram retirados da tese “Ferramenta de apoio para a aplicação de nanoengenharia no desenvolvimento de processos de fabrico eco-eficientes” [2].

5.2 Aquisição de Dados

A primeira etapa a ser realizada é a aquisição de dados. Nas páginas seguintes são apresentados numa tabela todos os macro/nano materiais utilizados neste caso de estudo.

Tabela 5.1: Tabela dos Materiais

Material	Silicon wafer
Caraterística principal	Material de substrato Silicon, tipo-N, diâmetro \times espessura : $2in. \times 0.5mm$
Origem	Sigma Aldrich
Custo	129.50 €/ wafer
Condições de reciclabilidade	Oferecer soluções excedentes e não recicláveis para uma empresa de descarte licenciada. Dissolva ou misture o material com um solvente combustível e queime num incinerador químico equipado com um pós-combustor e purificador de gases.
Fator OSH	Não é uma substância ou mistura perigosa de acordo com o Regulamento (CE) No. 1272/2008. Manusear de acordo com as boas práticas industriais de higiene e segurança.
Material	Metanol
Caraterística principal	Pré-tratamento de limpeza e nucleação
Origem	Sigma Aldrich
Custo	27.00 €/ litro
Condições de reciclabilidade	Os resíduos devem ser eliminados de acordo com a Directiva relativa aos resíduos 2008/98 / CE, bem como outros regulamentos nacionais e locais.
Fator OSH	Líquido e vapor altamente inflamáveis. Tóxico por ingestão, contacto com a pele ou inalação.
Material	Acetona
Caraterística principal	Limpeza
Origem	Sigma Aldrich
Custo	37.10 €/ litro

Condições de reciclabilidade	Queimar num incinerador químico equipado com pós-combustor e purificador. Material é altamente inflamável. Oferece soluções excedentes e não recicláveis para uma empresa de descarte licenciada.
Fator OSH	Líquido inflamável, irritação ocular, toxicidade para certos órgãos específicos - exposição única. Use equipamento de proteção pessoal. Evite respirar vapores, névoa ou gás.
Material	Pó de diamante
Caraterística principal	Pré-tratamento de nucleação Pó policristalino sintético, $\sim 1 \mu m$
Origem	Sigma Aldrich
Custo	206.50 €/gramas
Condições de reciclabilidade	Oferecer soluções excedentes e não recicláveis para uma empresa de descarte licenciada.
Fator OSH	Não é uma substância ou mistura perigosa de acordo com o Regulamento (CE) No. 1272/2008. Use equipamento de proteção pessoal. Evite a formação de poeira. Evite respirar vapores, névoa ou gás. Evite respirar poeira.
Material	Gás Árgon (pureza 99,999%)
Caraterística principal	Gás precursor (fase de deposição)
Origem	Air Liquide
Custo	5.40 €/m ³
Condições de reciclabilidade	n.a.
Fator OSH	Gás sob pressão. Sufocamento em alta concentração. Nenhum risco ecológico.
Material	Gás Hidrogénio (pureza 99,999%)
Caraterística principal	Gás precursor (fase de deposição)
Origem	Air Liquide
Custo	7.60 €/m ³
Condições de reciclabilidade	n.a.
Fator OSH	Gás sob pressão. Gás inflamável.
Material	Gás Metano (pureza 99,5%)
Caraterística principal	Gás precursor (fase de deposição)
Origem	Air Liquide
Custo	15.00 €/m ³
Condições de reciclabilidade	n.a.
Fator OSH	Gás sob pressão. Gás inflamável.
Material	Fio de Tungsténio (pureza 99,95%)
Caraterística principal	Capacidade de sustentar a temperatura necessária para a dissociação do gás (estágio de deposição). Diâmetro 0,25 mm
Origem	Advent Research Materials, Lda.
Custo	0.90 €/m
Condições de reciclabilidade	Oferece reciclabilidade excedente
Fator OSH	Toxicologicamente inerte. Luvas e óculos de segurança são recomendados durante o processamento.

Os equipamentos e consumíveis utilizados no CVD são apresentados na Tabela 5.2, bem como todas as características.

Tabela 5.2: Tabela Equipamentos/Consumíveis

Equipamento/Consumíveis	Ultrasons-H.J.P. Select (40 kHz/150 W)
Função principal	Fase de nucleação
Custo Função/ Consumível	n.a.
Gasto Energético	~0,1 kWh
Impacte Ambiental	Metanol e outros vapores podem ser liberados
Impacto OSH	Metanol e outros vapores podem ser liberados
Características finais	n.a.
Equipamento/Consumíveis	HFCVD
Função principal	Fase de deposição
Custo Função/ Consumível	n.a.
Gasto Energético	~6 kWh
Impacte Ambiental	Pequenas quantidades do gás precursor (a maioria do árgon e hidrogénio) e os seus radicais podem ser liberados.
Impacto OSH	Superfície quente
Características finais	Após este processo o revestimento está acabado
Equipamento/Consumíveis	Metanol
Função principal	Pré-tratamento de limpeza e nucleação
Custo Função/ Consumível	20 mL / amostra
Gasto Energético	n.a.
Impacte Ambiental	Metanol pode ser reciclado após o uso
Impacto OSH	Líquido e vapor altamente inflamáveis. Tóxico por ingestão, contacto com a pele ou se inalado.
Características finais	n.a.
Equipamento/Consumíveis	Acetona
Função principal	Pré-tratamento de limpeza e nucleação
Custo Função/ Consumível	20 mL / amostra
Gasto Energético	n.a.
Impacte Ambiental	Acetona pode ser reciclada após o uso
Impacto OSH	Líquido inflamável, irritação ocular, toxicidade para certos órgãos específicos - exposição única. Use equipamento de proteção pessoal. Evite respirar vapores, névoa ou gás.
Características finais	n.a.
Equipamento/Consumíveis	Pó policristalino sintético de diamante, ~1 μm
Função principal	Pré-tratamento de nucleação
Custo Função/ Consumível	1 μgr / amostra
Gasto Energético	n.a.
Impacte Ambiental	Partículas de diamante podem ser recuperadas após o uso

Impacto OSH	Não é uma substância ou mistura perigosa de acordo com o Regulamento (CE) No. 1272/2008. Use equipamento de proteção pessoal. Evite a formação de poeira. Evite respirar vapores, névoa ou gás. Evite respirar poeira.
Características finais	n.a.
Equipamento/Consumíveis	Gás Árgon (pureza $\geq 99,999\%$)
Função principal	Gás precursor (fase de deposição)
Custo Função/ Consumível	180 ml/min
Gasto Energético	n.a.
Impacte Ambiental	Não é tóxico para o meio ambiente.
Impacto OSH	Gás sob pressão. Sufocamento em alta concentração. Nenhum risco ecológico.
Características finais	n.a.
Equipamento/Consumíveis	Gás Metano (pureza $\geq 99,5\%$)
Função principal	Gás precursor (fase de deposição)
Custo Função/ Consumível	2 ml/min
Gasto Energético	n.a.
Impacte Ambiental	É liberada uma quantidade muito baixa de metano.
Impacto OSH	Gás sob pressão. Gás inflamável.
Características finais	n.a.
Equipamento/Consumíveis	Gás Hidrogénio (pureza $\geq 99,999\%$)
Função principal	Gás precursor (fase de deposição)
Custo Função/ Consumível	18 ml/min
Gasto Energético	n.a.
Impacte Ambiental	Não é tóxico para o meio ambiente.
Impacto OSH	Gás sob pressão. Gás inflamável.
Características finais	n.a.
Equipamento/Consumíveis	Fio de Tungsténio (pureza $\geq 99,95\%$; diâmetro 0,25 mm)
Função principal	Capacidade de sustentar a temperatura necessária para a dissociação do gás (estágio de deposição)
Custo Função/ Consumível	50 cm
Gasto Energético	n.a.
Impacte Ambiental	O tungsténio é transformado em carboneto de tungsténio no processo de deposição. Oferecer reciclabilidade excedente.
Impacto OSH	Toxicologicamente inerte. Luvas e óculos de segurança são recomendados durante o processamento.
Características finais	n.a.

É necessário também recolher informação sobre o produto e a sua aplicação.

Sobre o produto, a partir da experiência do grupo de pesquisa e da literatura científica, é possível constatar que a metodologia utilizada é eficaz na deposição de um revestimento de nanodiamante em silício e outros materiais de substrato. O filme resultante exibe uma superfície homogênea e coalescente. Em termos de segurança, o risco dos materiais consumíveis é baixo se for manuseado corretamente. O uso descontrolado de metanol, acetona, hidrogénio e metano pode levar a condições explosivas. Também os materiais

recuperados podem ser recicláveis e até fornecer um excedente. Ambos, substrato e revestimento, podem ser apresentados como excedentes no final do ciclo de vida. Assim, o impacto ambiental do processo de produção, pode ser considerado baixo, pois a maior parte dos resíduos pode ser reciclada e a emissão para o meio ambiente é considerada baixa.

No processo de produção, o método de deposição do filme requerido terá um custo total de cerca de 2,15 euros em consumíveis. Não considerando o custo de recursos humanos, equipamentos nem o investimento em instalações devido ao atual regulamento de acesso da infraestrutura, o custo de produção do revestimento é muito inferior ao custo da pastilha de silício. Pode então ser considerado um custo baixo. O consumo de energia (eletricidade) é de cerca de 6 kWh, assim, pode-se considerar que o processo de produção usa uma baixa quantidade de energia (elétrica).

Sobre a aplicação, o TRL deste produto é de 3-4 (prova experimental de conceito ou tecnologia validada em laboratório). Apresenta um tipo de inovação focado no produto, na categoria de novo produto de matéria-prima intermediária e nova parte funcional. A inovação é incremental¹ para a maioria das aplicações de revestimento de diamante.

5.3 Avaliação

Nesta etapa são introduzidos todos os dados recolhidos sobre o caso de estudo na plataforma NTU, para procederem à avaliação. De seguida são apresentados, nas Figuras seguintes, todas as etapas da introdução dos dados na plataforma NTU.

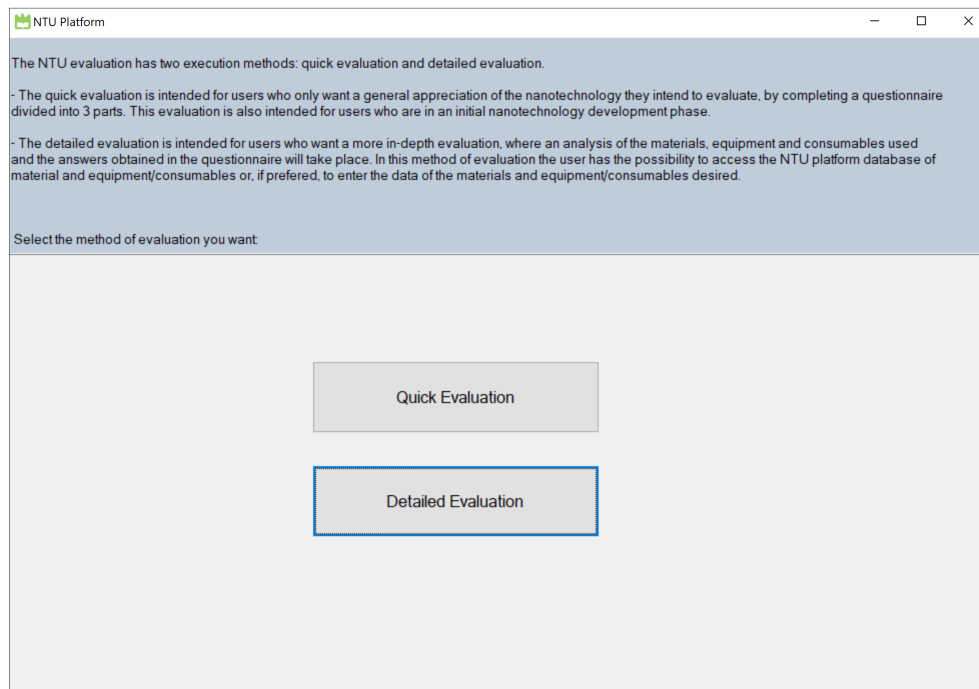
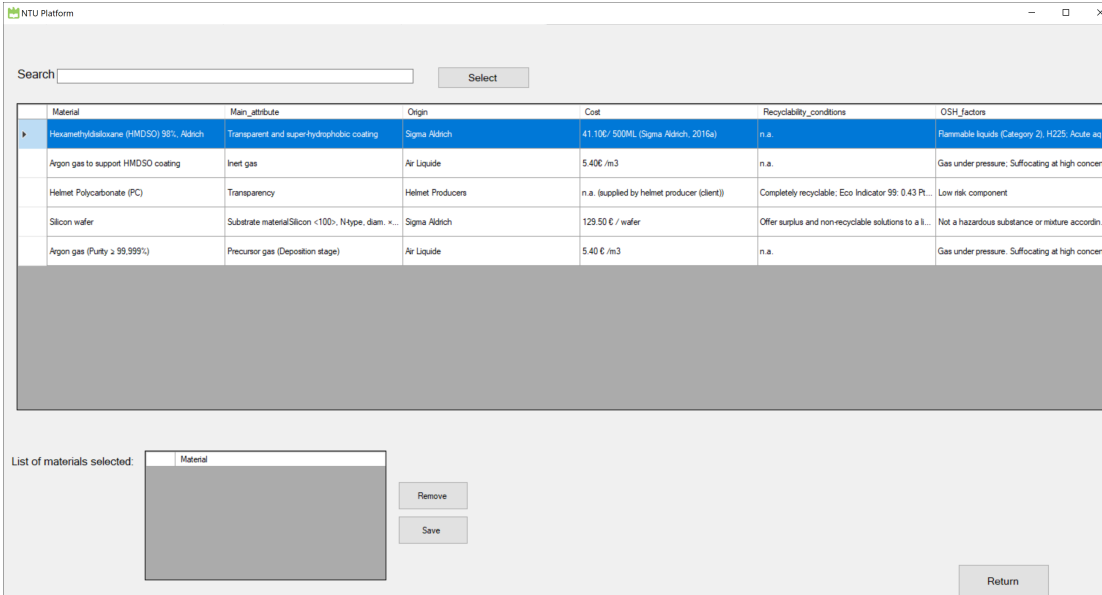


Figura 5.2: Plataforma NTU - caso de estudo.

¹“Inovação incremental é aquela em que o novo produto incorpora alguns novos elementos em relação ao anterior, sem que, no entanto, sejam alteradas as funções básicas do produto.” [29].

O primeiro passo foi consultar a base de dados NTU, de modo a ver se esta continha algum material, equipamento ou consumível utilizado neste caso de estudo.

Observando a Figura 5.3 é possível constatar que o material Silicon wafer e gás Argon já constam na tabela dos materiais da base de dados NTU, com as especificações pretendidas.



The screenshot shows the NTU Platform interface. At the top, there is a search bar with the text "Search" and a "Select" button. Below this is a table with the following columns: Material, Main attribute, Origin, Cost, Recyclability conditions, and OSH factors. The table contains six rows of data. Below the table, there is a section titled "List of materials selected:" with a list box containing the word "Material". To the right of the list box are "Remove" and "Save" buttons. At the bottom right of the interface is a "Return" button.

Material	Main attribute	Origin	Cost	Recyclability conditions	OSH factors
Hexamethyldisiloxane (HMDSO) 98%, Aldrich	Transparent and super-hydrophobic coating	Sigma Aldrich	41.10€ / 500ML (Sigma Aldrich, 2016a)	n.a.	Flammable liquids (Category 2), H225, Acute eq...
Argon gas to support HMDSO coating	Inert gas	Air Liquide	5.40€ / m3	n.a.	Gas under pressure, Suffocating at high concen...
Helmet Polycarbonate (PC)	Transparency	Helmet Producers	n.a. (supplied by helmet producer (client))	Completely recyclable, Eco Indicator 99: 0.43 Pt...	Low risk component
Silicon wafer	Substrate material/Silicon <100>, N-type, diam. x...	Sigma Aldrich	129.50 € / wafer	Offer surplus and non-recyclable solutions to a li...	Not a hazardous substance or mixture accordin...
Argon gas (Purity > 99.999%)	Precursor gas (Deposition stage)	Air Liquide	5.40 € / m3	n.a.	Gas under pressure, Suffocating at high concen...

Figura 5.3: Plataforma NTU - caso de estudo.

O mesmo processo também é efetuado para os equipamentos e consumíveis. O passo seguinte trata-se de inserir na base de dados os materiais, equipamentos e consumíveis restantes necessários para o caso de estudo, como demonstrado nas Figura 5.4.

NTU Platform

Material: Argon gas (Purity ≥ 99,999%)

Main attribute: Precursor gas (Deposition stage)

Origin: Air Liquide

Cost: 5.40 €/m3

Recyclability conditions: n.a.

OSH factor: Gas under pressure. Suffocating at high concentration. No ecological risk.

Data Inserted

OK

Return Insert

Figura 5.4: Plataforma NTU - caso de estudo.

O mesmo processo foi também efetuado para os equipamentos e consumíveis. Após a inserção de todos os dados e da seleção desses mesmos dados, procede-se à continuação do programa para a etapa dos questionários.

NTU Platform

Select the desired option:

Search the NTU platform database

- In this option you can search the NTU platform database of materials and equipments/consumables.

Material

Search Material

Equipments/Consumables

Search Equipments/Consumables

Custom Data Entry

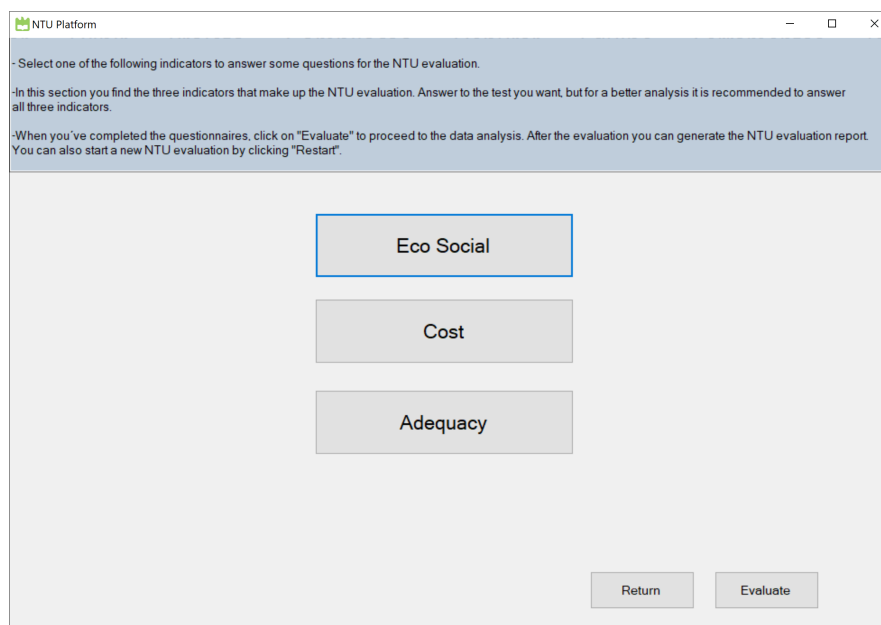
- In this option you can enter the data about the materials and equipments/consumables intended to use.
This data will be automatically added into the NTU platform database.
- After adding the data you have to select the material or equipment/consumable in the search options above.

Add data

Return Continue

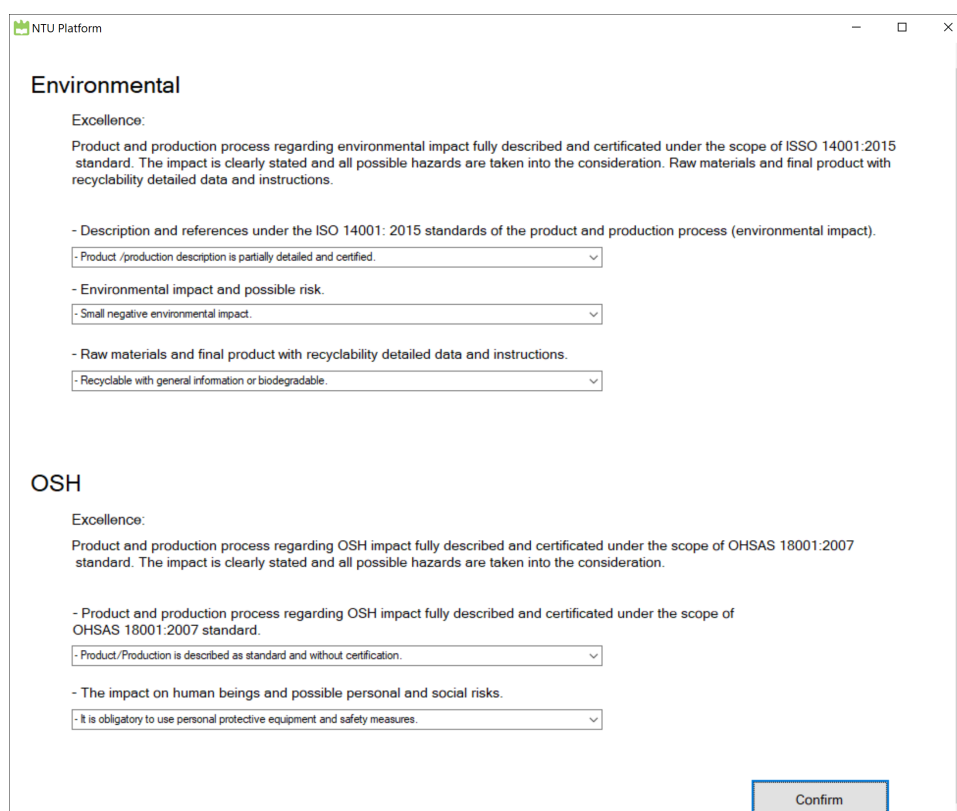
Figura 5.5: Plataforma NTU - caso de estudo.

Foram respondidos todos os questionários dada a vasta informação disponível neste caso de estudo, subcapítulo 5.2.



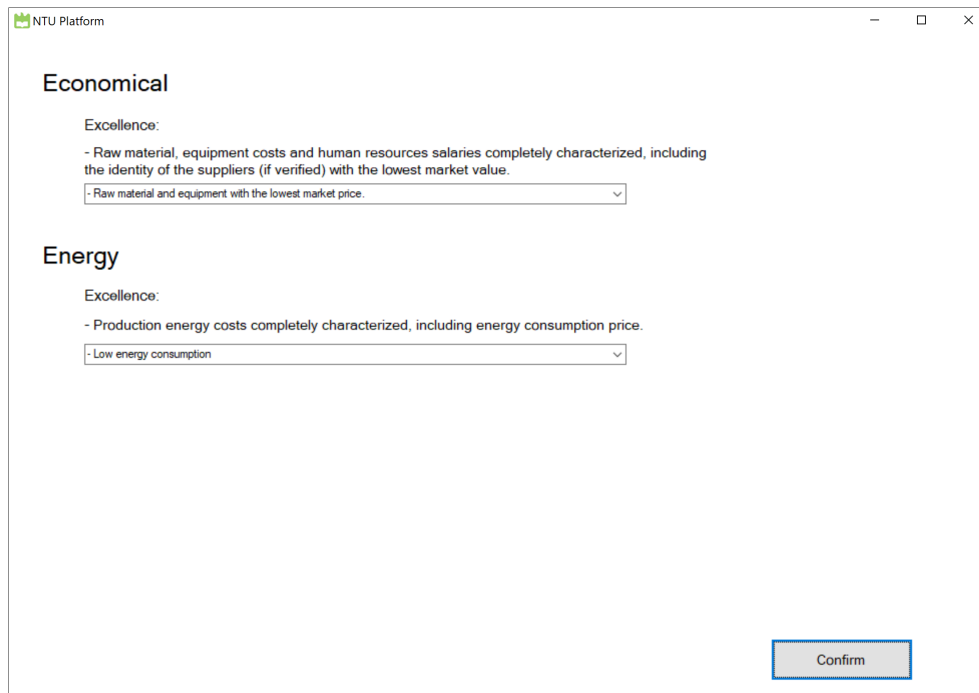
The screenshot shows the 'NTU Platform' window. At the top, there is a blue header with instructions: '- Select one of the following indicators to answer some questions for the NTU evaluation.', '- In this section you find the three indicators that make up the NTU evaluation. Answer to the test you want, but for a better analysis it is recommended to answer all three indicators.', and '- When you've completed the questionnaires, click on "Evaluate" to proceed to the data analysis. After the evaluation you can generate the NTU evaluation report. You can also start a new NTU evaluation by clicking "Restart".' Below the header, there are three buttons: 'Eco Social', 'Cost', and 'Adequacy'. At the bottom right, there are two buttons: 'Return' and 'Evaluate'.

Figura 5.6: Plataforma NTU - caso de estudo.



The screenshot shows the 'NTU Platform' window with two sections: 'Environmental' and 'OSH'. The 'Environmental' section has a title 'Excellence:' followed by a paragraph: 'Product and production process regarding environmental impact fully described and certificated under the scope of ISO 14001:2015 standard. The impact is clearly stated and all possible hazards are taken into the consideration. Raw materials and final product with recyclability detailed data and instructions.' Below this are three dropdown menus: '- Description and references under the ISO 14001: 2015 standards of the product and production process (environmental impact).', '- Environmental impact and possible risk.', and '- Raw materials and final product with recyclability detailed data and instructions.' The 'OSH' section has a title 'Excellence:' followed by a paragraph: 'Product and production process regarding OSH impact fully described and certificated under the scope of OHSAS 18001:2007 standard. The impact is clearly stated and all possible hazards are taken into the consideration.' Below this are two dropdown menus: '- Product and production process regarding OSH impact fully described and certificated under the scope of OHSAS 18001:2007 standard.' and '- The impact on human beings and possible personal and social risks.' At the bottom right, there is a 'Confirm' button.

Figura 5.7: Plataforma NTU - caso de estudo.



NTU Platform

Economical

Excellence:

- Raw material, equipment costs and human resources salaries completely characterized, including the identity of the suppliers (if verified) with the lowest market value.

- Raw material and equipment with the lowest market price.

Energy

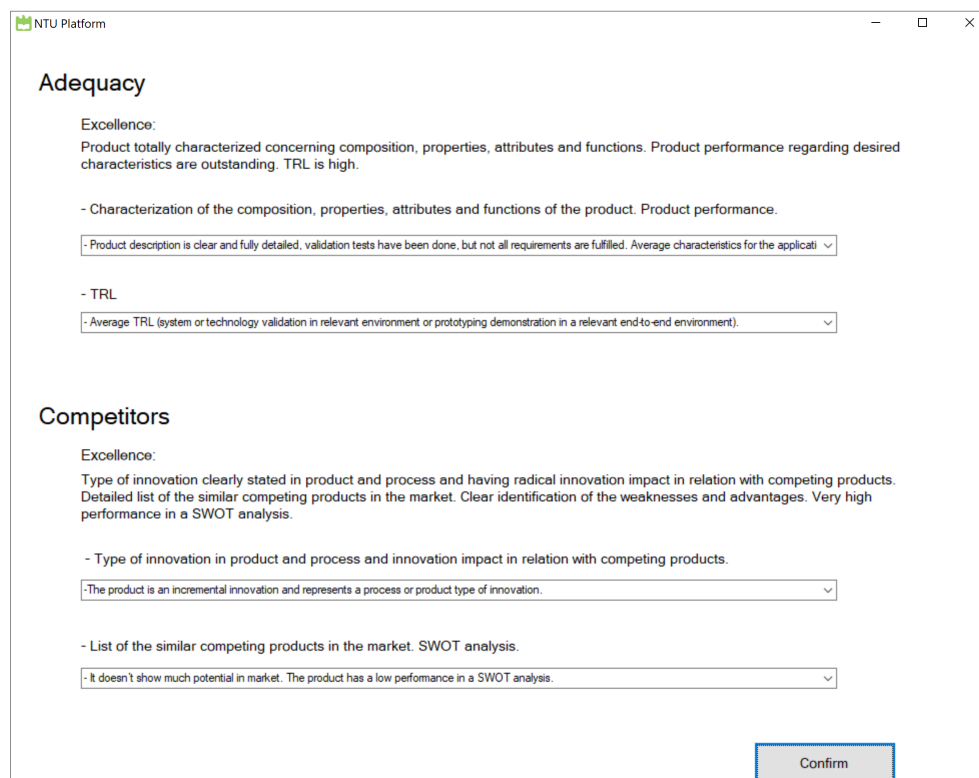
Excellence:

- Production energy costs completely characterized, including energy consumption price.

- Low energy consumption

Confirm

Figura 5.8: Plataforma NTU - caso de estudo.



NTU Platform

Adequacy

Excellence:

Product totally characterized concerning composition, properties, attributes and functions. Product performance regarding desired characteristics are outstanding. TRL is high.

- Characterization of the composition, properties, attributes and functions of the product. Product performance.

- Product description is clear and fully detailed, validation tests have been done, but not all requirements are fulfilled. Average characteristics for the applicati

- TRL

- Average TRL (system or technology validation in relevant environment or prototyping demonstration in a relevant end-to-end environment).

Competitors

Excellence:

Type of innovation clearly stated in product and process and having radical innovation impact in relation with competing products. Detailed list of the similar competing products in the market. Clear identification of the weaknesses and advantages. Very high performance in a SWOT analysis.

- Type of innovation in product and process and innovation impact in relation with competing products.

- The product is an incremental innovation and represents a process or product type of innovation.

- List of the similar competing products in the market. SWOT analysis.

- It doesn't show much potential in market. The product has a low performance in a SWOT analysis.

Confirm

Figura 5.9: Plataforma NTU - caso de estudo.

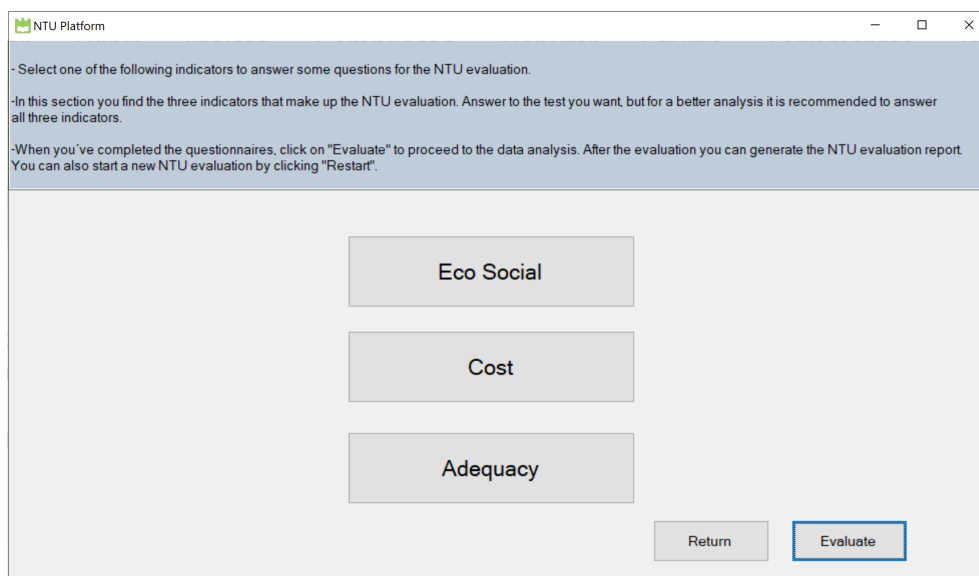


Figura 5.10: Plataforma NTU - caso de estudo.

5.4 Resultado

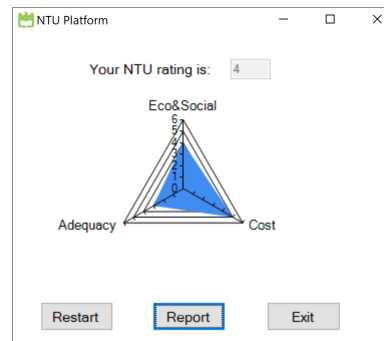


Figura 5.11: Plataforma NTU - caso de estudo.

O índice de usabilidade NTU obtido na avaliação do caso de estudo do Revestimento de Diamante Nanocristalino foi 4. Observando o gráfico é possível constatar a influência que o indicador Custo teve no resultado foi positiva, enquanto o indicador Adequação teve uma influência mais negativa.

No capítulo seguinte será feita a análise de todos estes resultados obtidos bem como, a comparação destes com os resultados do modelo teórico NTU, da tese [2].

Capítulo 6

Análise dos Resultados

Neste capítulo vão ser analisados os resultados obtidos na avaliação NTU para o caso de estudo apresentado no capítulo anterior. Após a análise inicial, será feita uma comparação com os resultados obtidos pelo modelo teórico.

Esta análise de resultados utiliza, também, tabelas e gráficos apresentados no relatório final gerado pela plataforma. O relatório final completo encontra-se disponível em anexo (anexo B).

A seguinte tabela apresenta todas as respostas seleccionadas durante a avaliação NTU da plataforma.

Tabela 6.1: Respostas seleccionadas na avaliação NTU do caso de estudo.

Indicador	Fator	Pergunta	Resposta
Eco & Social	Ambiental	- Descrição e certificado ao abrigo das normas ISO 14001:2015 do produto e processo de produção (impacto ambiental).	- Descrição do produto/ produção está parcialmente detalhada e certificada.
		- Impacto ambiental e possíveis risco.	- Apresenta um reduzido impacto negativo ambiental.
		- Dados e instruções sobre a reciclabilidade da matéria-prima e do produto final.	- É reciclável, apresentando informação geral ou biodegradável.
	OSH	- Descrição e certificado ao abrigo das normas OHSAS 18001:2007 do produto e processo de produção (OSH).	- Descrição do produto/ produção é clara, totalmente detalhada e certificada.
		- O impacto para o ser humano e possíveis riscos pessoais e sociais.	- Obrigatório o uso de equipamento de proteção pessoal.

Custo	Económico	- Matéria-prima, custo de equipamento e recursos humanos totalmente definidos, incluindo fornecedores.	- Matéria-prima e equipamento com o preço mais baixo de mercado.
	Energético	- Custo de energia de produção totalmente definido.	- Baixo consumo energético.
Adequação	Produto	- Caracterização da composição, propriedades, atributos e funções do produto. Desempenho do produto.	- A descrição do produto está clara e os aspetos principais para a aplicação e validação são detalhados. Tem boas características para a aplicação.
		- TRL	- TRL médio (validação de sistema ou tecnologia em ambiente relevante).
	Concorrência	- Tipo de inovação no produto e processo e impacto na inovação em relação aos produtos concorrentes.	- O produto tem um impacto incremental inovação muito baixo e representa um produto ou processo de inovação.
		- Lista dos produtos concorrentes similares no mercado. Análise SWOT.	- Não mostra muito potencial no mercado. O produto tem um baixo desempenho numa análise SWOT.

Como referido anteriormente, em anexo (anexo A) segue um documento referente a todas as perguntas e respostas da avaliação da plataforma NTU.

A Tabela 6.2 foi retirada do relatório final da plataforma NTU, que apresenta as pontuações dos fatores dos indicadores de impacto obtidas na avaliação.

Tabela 6.2: Avaliação obtida dos indicadores no caso de estudo (Retirada do relatório final da plataforma NTU).

Indicator	Factor	Measures
Eco & Social	Environmental	4
	OSH	4
Cost	Economical	5
	Energy	5
Adequacy	Product	3
	Competitors	2

O modo da atribuição das pontuações dos fatores já foi descrito no subcapítulo 2.1. É possível nesta tabela observar que o indicador dos Custos é o indicador com melhor pontuação e o indicador da Adequação é o pior.

Através dos dados adquiridos, a elevada pontuação do indicador Custo já era, de algum modo, um pouco expectável. Tanto o fator económico como o energético possuíam uma componente forte. No processo de produção, o uso de energia é baixo, cerca de 6 kWh, sendo que o processo de deposição do filme requerido demora aproximadamente 3 horas. Assim considerado um consumo baixo, resultando uma pontuação 5 para o fator energético. O custo de produção também apresenta um baixo valor. O valor do custo do processo de produção, considerando o processo de pré-deposição e o processo de deposição, em termos de consumíveis, é de 2,15 euros. Este valor é muito inferior ao custo da pastilha de silício (não considerando o custo de recursos humanos, equipamentos nem o investimento em instalações devido ao atual regulamento de acesso da infraestrutura). Assim é atribuída a pontuação 5 ao fator económico.

Neste caso de estudo, a pontuação do indicador Adequação foi efetivamente baixa. Um TRL médio e uma fraca implementação no mercado comercial foram os fatores que prejudicaram a avaliação deste indicador. Analisando o fator Produto, a relação do produto com a aplicação específica é alta. No entanto, o nível geral de prontidão tecnológica (TRL) do serviço ainda é médio. Deste modo a pontuação neste fator fica condicionada pelo baixo TRL, embora pode ser facilmente melhorado para valores mais elevados de TRL, dependendo da aplicação. No fator Concorrência, o facto de se tratar de um produto com um impacto incremental inovação muito baixo e de não apresentar um forte potencial para o mercado, não permite que a pontuação deste fator seja alta. Deste modo a pontuação do indicador Adequação é a mais baixa da avaliação.

De modo a permitir perceber, de um modo visual, a influência que cada fator tem na avaliação final NTU do produto, é apresentado um gráfico com todos fatores de acordo com as pontuações obtidas, retirado do relatório final, como o representado na Figura 6.1.

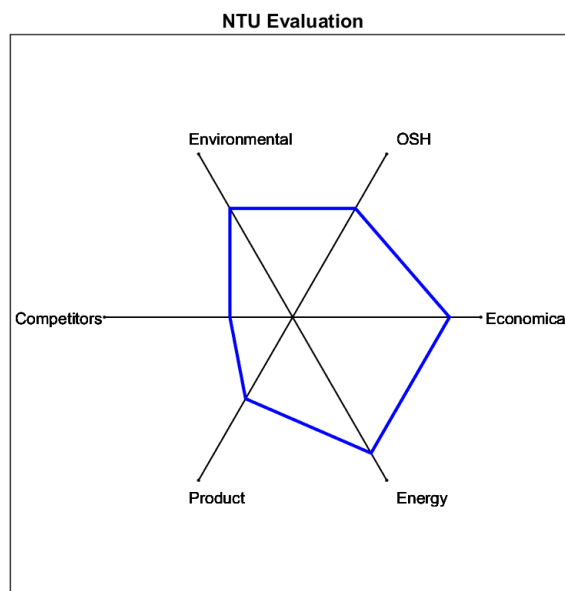


Figura 6.1: Gráfico da avaliação NTU (Retirado do relatório final NTU).

É mais perceptível neste gráfico a influência dos fatores Concorrência e Produto na avaliação final.

Comparativamente aos resultados obtidos neste caso de estudo analisado no modelo teórico NTU os resultados foram muito similares. A pontuação dos diferentes indicadores foi igual. Este resultado deve-se ao facto de o desenvolvimento da avaliação para a plataforma NTU ter seguido todas as mesmas normas do modelo teórico NTU. A tabela 6.3 apresenta a comparação de ambos os resultados.

Tabela 6.3: Comparação dos resultados da plataforma NTU com o modelo teórico NTU

Fator	Resultado Plataforma NTU	Resultado Modelo Teórico NTU
Ambiental	4	4
OSH	4	4
Económico	5	5
Energético	5	5
Produto	3	3
Concorrência	2	2

Concluindo a análise, o índice de usabilidade do Revestimento de Diamante Nanocristalino é 4. Esta pontuação não é baixa, apresentando alto nível de pontuação nos indicadores Eco & Social e Custo, sendo que o indicador Adequação obteve uma baixa pontuação.

Capítulo 7

Conclusão e Trabalho Futuro

O trabalho apresentado é o resultado da culminação de etapas e tarefas definidas como principais objetivos do compromisso assumido no início da dissertação. A plataforma digital NTU traduz os conceitos da tese “Ferramenta de apoio para a aplicação de nanoengenharia no desenvolvimento de processos de fabrico eco-eficientes” [2], numa plataforma de interação digital flexível, dinâmica e integradora consolidada como ferramenta relevante no processo de desenho, desenvolvimento e fabricação de produtos baseados em nanotecnologia. A plataforma implementa todos os conceitos do modelo teórico NTU numa plataforma de interação digital, permitindo a sua utilização para avaliar produtos baseados em nanotecnologia quanto à sua viabilidade no mercado. Possui uma fácil e simples interação com o utilizador garantindo uma capacidade de analisar dados referentes a produtos desenvolvidos no ramo da nanotecnologia. Permite a comunicação com uma base de dados criada para albergar dados relevantes sobre macro e nano materiais e também equipamentos e consumíveis, possíveis de consultar e utilizar para a avaliação NTU. A plataforma disponibiliza, ao utilizador, um relatório final da avaliação que culmina toda a informação da análise e avaliação realizada. Os resultados do caso de estudo analisado utilizando a plataforma digital NTU foram os expectáveis, pois igualaram os resultados obtidos no modelo teórico.

Cumpra os objetivos acima referidos e assumidos no início da dissertação, deste modo pode ser considerado que o objetivo de auxiliar no estreitamento da lacuna ainda existente entre os centros de I&D/ instituições de ensino superior, que desenvolvem produtos baseados em nanotecnologia, e sua aplicação industrial foi cumprido.

Quanto a possíveis melhorias do trabalho desta dissertação, existem algumas que podem ser enumeradas, como por exemplo:

- Melhorar a comunicação e acesso à base de dados, de modo a permitir o acesso de qualquer utilizador em qualquer rede;
- Traduzir o desenvolvimento da plataforma NTU num formato mais universal e acessível, eliminando a restrição do seu funcionamento apenas no sistema operativo Windows;
- Melhorar alguns apontamentos gráficos tanto da plataforma como do relatório, de modo a garantir uma melhor experiência para o utilizador.

Bibliografia

- [1] Nanotechnology is a growing research priority, Available: http://www.unesco.org/new/en/media-services/single-view/news/nanotechnology_is_a_growing_research_priority/; Accessed: 26/04/2018.
- [2] Bárbara Gabriel. *Ferramenta de apoio para a aplicação de nanoengenharia no desenvolvimento de processos de fabrico eco-eficientes*. PhD thesis, Universidade de Aveiro, 2017.
- [3] Adriano Frazão, Juliana Gonçalves, and Leonardo Pereira. Público-Alvo; Available: <https://www.dicionariofinanceiro.com/publico-alvo/>; Accessed: 9/05/2018.
- [4] Denis Lindon, Jacques Lendrevie, Julien Lévy, Pedro Dionísio, and Joaquim Vicente Rodrigues. *Mercator XXI-Teoria e prática do Marketing*. Lisboa, 12^a edição edition, 2009.
- [5] Tony Gaddis. *Starting Out with Programming Logic and Design*. Pearson, 3rd edition, 2012.
- [6] System Software, Available: <https://web.archive.org/web/20010530092843/http://home.olemiss.edu/~misbook/sfsysfm.htm>; Accessed: 9/05/2018, 2001.
- [7] Ziff Davis. Application software. *PC Magazine*.
- [8] Frances Fischer, Alice; Grodzinsky. *The Anatomy of Programming Languages*. Prentice Hall, New Jersey, 1993.
- [9] Wade Christensen. How to Choose a Programming Language, Available: <http://blog.teamtreehouse.com/choose-programming-language>; Accessed: 18/05/2018.
- [10] Jerry Reghunadh and Neha Jain. Selecting the optimal programming language - IBM. pages 1–11, 2011.
- [11] Visual Basic, Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/visual-basic/>; Accessed: 28/05/2018.
- [12] Jaan Kiusalaas. *Numerical Methods in Engineering with MATLAB*. Cambridge University Press, 2005.
- [13] MATLAB Runtime, Available: <https://www.mathworks.com/products/compiler/matlab-runtime.html>; Accessed: 29/05/2018.

-
- [14] Diane Zak. *Programming with Microsoft Visual Basic 2017*. 8 th edition, 2017.
 - [15] Addison McManus, Jeffrey; Goldstein, Jackie; Wesley. *Database Access with Visual Basic® .NET*. Addison-Wesley Professional, third edit edition, 2003.
 - [16] Anthony DeBarros. *Practical SQL - A Beginner's Guide to Storytelling with Data*, 2018.
 - [17] Clare Churcher. *Beginning SQL Queries*. Apress, New York, second edi edition, 2016.
 - [18] Tom Eburne. Top 10 considerations when choosing a Database Management system, Available: <https://datahq.co.uk/knowledge-centre/blog/top-10-considerations-when-choosing-a-database-management-system>; Accessed: 08/06/2018, 2014.
 - [19] Steven Harrison, Guy; Feuerstein. *MySQL Stored Procedure Programming*. O'Reilly Media, 2006.
 - [20] About Mysql, Available: <https://www.mysql.com/about/>; Accessed: 09/06/2018.
 - [21] Database Maintenance Explained, Available: <https://www.officetools.com/knowledgebase/database-maintenance-explained/>; Accessed: 09/06/2018, 2015.
 - [22] Paul S. Randal. Top Tips for Effective Database Maintenance. *TechNet Magazine*, 2008.
 - [23] Database Maintenance, Available: <https://intellipaat.com/tutorial/oracle-dba-tutorial/database-maintenance/>; Accessed: 09/06/2018.
 - [24] Steve Bush. Dongle computer lets kids discover programming on a TV, Available: <https://www.electronicweekly.com/market-sectors/embedded-systems/dongle-computer-lets-kids-discover-programming-on-a-2011-05/>; Accessed: 13/06/2018, 2011.
 - [25] phpMyAdmin, Available: <https://www.phpmyadmin.net/>; Accessed: 14/06/2018.
 - [26] Marc Delisle. *Mastering phpMyAdmin 3.3.x for Effective MySQL Management*. 2010.
 - [27] June 2018 Web Server Survey, Available: <https://news.netcraft.com/archives/2018/06/13/june-2018-web-server-survey.html#more-26552>; Accessed: 14/06/2018.
 - [28] What can PHP do?, Available: <http://php.net/manual/en/intro-whatcando.php>, Accessed: 14/06/2018.
 - [29] Classes de Inovação, Available: http://www.spi.pt/documents/books/inovint/ippo/acesso_ao_conteudo_integral/capitulos/2.3/cap_apresentacao.htm; Accessed: 13/06/2018, 1999.

Anexo A

Perguntas, Respostas e Pontuações da Plataforma NTU

Eco & Social

Ambiental:

Excelência:

- A respeito do impacto ambiental, o produto e processo de produção estão totalmente descritos e certificados ao abrigo das normas ISO 14001:2015. O impacto está nitidamente indicado e todos os riscos possíveis são levados em consideração. A matéria-prima e o produto final apresentam dados e instruções detalhados sobre a sua reciclabilidade.

Pergunta 1:

- Descrição e certificado ao abrigo das normas ISO 14001:2015 do produto e processo de produção (impacto ambiental).

Respostas:

- | | |
|--|------------|
| - Descrição do produto/produção é clara, totalmente detalhada e certificada. | 5 |
| - Descrição do produto/produção está parcialmente detalhada e certificada. | 4 |
| - Descrição do produto/produção está totalmente detalhada como padrão e não certificada. | 3/2 |
| - Produto/produção sem descrição nem informação. | 1 |

Pergunta 2:

- Impacto ambiental e possíveis risco.

Respostas:

- | | |
|---|----------|
| - Não apresenta nenhum impacto negativo ambiental. | 5 |
| - Apresenta um reduzido impacto negativo ambiental. | 4 |
| - Apresenta um impacto ambiental médio. | 3 |
| - Apresenta um grande impacto ambiental negativo. | 2 |
| - Impacto ambiental desconhecido. | 1 |

Pergunta 3:

- Dados e instruções sobre a reciclabilidade da matéria-prima e do produto final.

Resposta:

- É reciclável, apresentando informação detalhada do usuário e conformidade com as condições de reciclagem. **5**
- É reciclável, apresentando informação geral ou biodegradável. **4**
- Não é reciclável. **3/2**
- Sem informação sobre a sua reciclabilidade. **1**

OSH:**Excelência:**

- A respeito do impacto OSH (Occupational Safety and Health), o produto e processo de produção estão totalmente descritos e certificados ao abrigo das normas OHSAS 18001:2007. O impacto está nitidamente indicado e todos os riscos possíveis são levados em consideração.

Pergunta 1:

- Descrição e certificado ao abrigo das normas OHSAS 18001:2007 do produto e processo de produção (OSH).

Respostas:

- Descrição do produto/produção é clara, totalmente detalhada e certificada. **5/4**
- Descrição do produto/produção é média e sem certificação. **3**
- Produto/produção com descrição pouco detalhada e sem certificação. **2**
- Produto/produção sem descrição nem informação. **1**

Pergunta 2:

- O impacto para o ser humano e possíveis riscos pessoais e sociais.

Respostas:

- Não apresenta nenhum impacto para o ser humano, e não requer equipamento de proteção pessoal. **5**
- Obrigatório o uso de equipamento de proteção pessoal. **4**
- Obrigatório o uso de equipamento de proteção pessoal e medidas de segurança. **3/2**
- Sem informação. **1**

Custo

Económico:

Pergunta:

- Matéria-prima, custo de equipamento e recursos humanos totalmente definidos, incluindo fornecedores.

Resposta:

- | | |
|---|---|
| - Matéria-prima e equipamento com o preço mais baixo de mercado. | 5 |
| - Matéria-prima ou equipamento com o preço mais baixo de mercado. | 4 |
| - Matéria-prima e equipamento com preço médio de mercado. | 3 |
| - Matéria-prima e equipamento com o preço mais alto de mercado. | 2 |
| - Matéria-prima e equipamento com o preço mais alto de mercado. | 1 |

Energético:

Pergunta:

- Custo de energia de produção totalmente definido.

Resposta:

- | | |
|-----------------------------|-----|
| - Baixo consumo energético. | 5 |
| - Consumo energético médio. | 4/3 |
| - Alto consumo energético. | 2/1 |

Adequação

Produto:

Excelência:

- Caracterização da composição, propriedades, atributos e funções do produto totalmente definidos. Desempenho do produto corresponde ao esperado. TRL alto.

Pergunta 1:

- Caracterização da composição, propriedades, atributos e funções do produto. Desempenho do produto.

Resposta:

- A descrição do produto está clara e totalmente detalhada, especialmente as características principais para a aplicação específica e testes de validação feitos. **5**
- A descrição do produto está clara e totalmente detalhada, especialmente as características principais para a aplicação específica e testes de validação feitos, mas sem o cumprimento de todos os requisitos. Tem características boas para a aplicação. **4**
- A descrição do produto está clara e os aspetos principais para a aplicação e validação são detalhados. Tem características boas para a aplicação. **3**
- A descrição do produto é média e tem fracas características para a aplicação. **2**
- Produto com fraca ou sem descrição. Tem características muito fracas para a aplicação. **1**

Pergunta 2:

- TRL

Resposta:

- TRL alto (sistema real comprovado em ambiente operacional). **5**
- TRL bastante elevado (demonstração de protótipos do sistema num ambiente operacional). **4**
- TRL médio (validação de sistema ou tecnologia em ambiente relevante). **3**
- O TRL muito baixo (função crítica analítica e experimental e / ou prova de conceito característica, validação de processo em ambiente de laboratório). **2**
- O TRL mais baixo (princípios básicos observados e relatados, conceito de tecnologia e / ou aplicação formulada). **1**

Concorrência:**Excelência:**

- Tipo de inovação claramente expresso no produto e processo, tendo impacto radical na inovação em relação aos produtos concorrentes. Lista detalhada dos produtos concorrentes similares no mercado. Identificação clara das fraquezas e vantagens. Muito alto desempenho na análise SWOT.

Pergunta 1:

- Tipo de inovação no produto e processo e impacto na inovação em relação aos produtos concorrentes.

Resposta:

- O produto representa um impacto radical na inovação, processo e tipo de produto. **5**
- O produto é inovador em relação ao tipo de produto e processo de inovação e representa um impacto de inovação realmente novo. **4**

- O produto é uma inovação incremental e representa um processo ou tipo de produto de inovação. **3**
- O produto tem um impacto incremental inovação muito baixo e representa um produto ou processo de inovação. **2**
- O produto não mostra nenhum potencial no mercado. **1**

Pergunta 2:

- Lista dos produtos concorrentes similares no mercado. Análise SWOT.

Resposta:

- Lista detalhada dos produtos concorrentes similares no mercado atual e um desempenho muito alto numa análise SWOT. **5**
- Lista detalhada dos produtos concorrentes similares no mercado atual e um alto desempenho na análise SWOT. **4**
- Lista detalhada dos produtos concorrentes semelhantes no mercado atual e um bom desempenho na análise SWOT. **3**
- Não mostra muito potencial no mercado. O produto tem um baixo desempenho numa análise SWOT. **2**
- Apresenta mau desempenho numa análise SWOT. **1**

Anexo B

Relatório Final da Plataforma NTU do Caso de Estudo - Revestimento de Diamante Nanocristalino

Relatório NTU

O NTU indexa o potencial de comercialização de produtos baseados em nanotecnologia de acordo com três indicadores que aferem o seu impacto de custo, eco & social e a sua adequação ao mercado atual, suportando o processo de decisão no decorrer da produção. Sendo a nanotecnologia uma área relevante e cada vez mais presente na investigação científica e nos produtos comercialmente disponíveis, o NTU surge como uma ferramenta integradora, que acrescenta valor ao ciclo de vida genérico de um produto fabricado, nomeadamente com aquisição de dados relativos às matérias-primas, às técnicas de produção utilizadas, o desempenho do produto para uma aplicação específica. O processo de avaliação surge no sentido de mensurar, via os três indicadores (custo, eco & social e adequação), qual o seu potencial enquanto produto, baseado em nanotecnologia, comercializável, tendo em particular atenção os desafios e fragilidades atuais no que diz respeito a uma maior utilização da nanotecnologia desenvolvida nos centros de I&D e nas Instituições de Ensino Superior em aplicações reais e comercialmente responsáveis e viáveis.

Avaliação detalhada:

A avaliação NTU é realizada segundo as medidas dos fatores, apresentadas na tabela abaixo, que ao serem analisadas atribuirão um valor de avaliação ao respetivo fator.

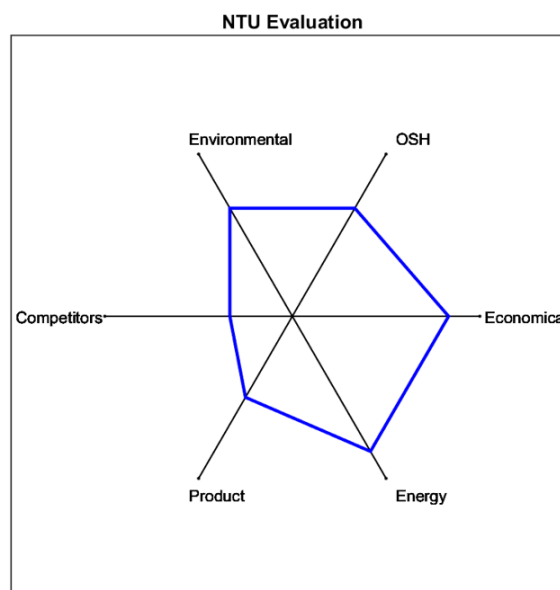
A tabela seguinte apresenta todos os indicadores, fatores e respetivas medidas respeitadas na avaliação NTU:

Indicator	Factor	Measures
Eco & Social	Environmental	Recyclability Environmental data Environmental impact
	Occupational Safety and Health (OSH)	OSH data OSH impact
Cost	Economical	Raw material cost Price of equipment Human Resources salaries
	Energy	Energy consumption Energy cost
Adequacy	Product	Product performance data Product performance for the specific application Current TRL
	Competitors	Type of Innovation Innovation impact SWOT analysis

A tabela seguinte apresenta todos os dados da avaliação:

Indicator	Factor	Measures
Eco & Social	Environmental	4
	OSH	4
Cost	Economical	5
	Energy	5
Adequacy	Product	3
	Competitors	2

O gráfico seguinte mostra a influência que cada fator teve na avaliação final NTU:



Informação Detalhada:

- Materiais:

Material	Silicon wafer
Main attribute(s)	Substrate material Silicon <100>, N-type, diam. × thickness: 2 in. × 0.5 mm
Origin	Sigma Aldrich
Cost	129.50 € / wafer
Recyclability conditions	Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company. Dissolve or mix the material with a combustible solvent and burn in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber.
OSH factors	Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No. 1272/2008. Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice
Material	Methanol
Main attribute(s)	Cleaning and Nucleation pre-treatment
Origin	Sigma Aldrich
Cost	27.00 € / litre
Recyclability conditions	Waste material must be disposed of in accordance with the Directive on waste 2008/98/EC as well as other national and local regulations.
OSH factors	Highly flammable liquid and vapour. Toxic if swallowed, in contact with skin or if inhaled.
Material	Acetone
Main attribute(s)	Cleaning
Origin	Sigma Aldrich
Cost	37.10 € / litre
Recyclability conditions	Burn in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber, exerting extra care in igniting as this material is highly flammable. Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company.
OSH factors	Flammable liquids, Eye irritation, Specific target organ toxicity - single exposure. Use personal protective equipment. Avoid breathing vapours, mist or gas.
Material	Diamond powder
Main attribute(s)	Nucleation pre-treatment synthetic polycrystalline powder, ~1 µm
Origin	Sigma Aldrich
Cost	206.50 € / gram
Recyclability conditions	Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company.

OSH factors	Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No. 1272/2008. Use personal protective equipment. Avoid dust formation. Avoid breathing vapours, mist or gas. Avoid breathing dust.
Material	Argon gas (Purity $\geq 99,999\%$)
Main attribute(s)	Precursor gas (Deposition stage)
Origin	Air Liquide
Cost	5.40 € /m ³
Recyclability conditions	n.a.
OSH factors	Gas under pressure. Suffocating at high concentration. No ecological risk.
Material	Hydrogen gas (Purity $\geq 99,999\%$)
Main attribute(s)	Precursor gas (Deposition stage)
Origin	Air Liquide
Cost	7.60 € /m ³
Recyclability conditions	n.a.
OSH factors	Gas under pressure. Inflammable gas.
Material	Methane gas (Purity $\geq 99,5\%$)
Main attribute(s)	Precursor gas (Deposition stage)
Origin	Air Liquide
Cost	15.00 € /m ³
Recyclability conditions	n.a.
OSH factors	Gas under pressure. Inflammable gas.
Material	Tungsten wire (Purity 99,95%; Diameter 0,25 mm)
Main attribute(s)	Capacity to sustain the temperature required for the gas dissociation (Deposition stage)
Origin	Advent Research Materials, Lda.
Cost	0.90 € /m
Recyclability conditions	Offer surplus recyclability
OSH factors	Toxicologically inert. Gloves and safety glasses are recommended when processing.

- Equipamentos/Consumíveis:

Equipment / Consumables	Ultrasons-H.J.P. Select (40 kHz/150 W)
Main function	Nucleation stage
Function Cost /Consumable	n.a.
Energy Usage	~ 0,1 kWh
Environmental Impact	Methanol and other vapours may be released
OSH Impact	Methanol and other vapours may be released
Output characteristics	n.a.
Equipment / Consumables	HFCVD
Main function	Deposition stage
Function Cost /Consumable	n.a.

Energy Usage	~ 6 kWh
Environmental Impact	Small quantities of the precursors gas (most argon and hydrogen) and their radicals may be release.
OSH Impact	Hot surface
Output characteristics	After this process the coating is finished
Equipment / Consumables	Methanol
Main function	Cleaning and Nucleation pre-treatment
Function Cost /Consumable	20 mL / sample
Energy Usage	n.a.
Environmental Impact	Methanol may be recycled after use
OSH Impact	Highly flammable liquid and vapour. Toxic if swallowed, in contact with skin or if inhaled.
Output characteristics	n.a.
Equipment / Consumables	Acetone
Main function	Cleaning and Nucleation pre-treatment
Function Cost /Consumable	20 mL / sample
Energy Usage	n.a.
Environmental Impact	Acetone may be recycled after use.
OSH Impact	Flammable liquids, Eye irritation, Specific target organ toxicity - single exposure. Use personal protective equipment. Avoid breathing vapours, mist or gas.
Output characteristics	n.a.
Equipment / Consumables	Diamond synthetic polycrystalline powder, ~1 µm
Main function	Nucleation pre-treatment.
Function Cost /Consumable	1 µgr / sample
Energy Usage	n.a.
Environmental Impact	Diamond particles may be recovered after use.
OSH Impact	Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No. 1272/2008. Use personal protective equipment. Avoid dust formation. Avoid breathing vapours, mist or gas. Avoid breathing dust.
Output characteristics	n.a.
Equipment / Consumables	Argon gas (Purity ≥ 99,999%)
Main function	Precursor gas (Deposition stage)
Function Cost /Consumable	180 ml/min
Energy Usage	n.a.
Environmental Impact	Not toxic to the environment
OSH Impact	Gas under pressure. Suffocating at high concentration.
Output characteristics	n.a.
Equipment / Consumables	Hydrogen gas (Purity ≥ 99,999%)
Main function	Precursor gas (Deposition stage)
Function Cost /Consumable	18 ml/min
Energy Usage	n.a.
Environmental Impact	Not toxic to the environment

OSH Impact	Gas under pressure. Inflammable gas.
Output characteristics	n.a.
Equipment / Consumables	Methane gas (Purity $\geq 99,5\%$)
Main function	Precursor gas (Deposition stage)
Function Cost /Consumable	2 ml/min
Energy Usage	n.a.
Environmental Impact	Very low amount of methane is released.
OSH Impact	Gas under pressure. Inflammable gas.
Output characteristics	n.a.
Equipment / Consumables	Tungsten wire (Purity 99,95%; Diameter 0,25 mm)
Main function	Capacity to sustain the temperature required for the gas dissociation (Deposition stage)
Function Cost /Consumable	50 cm
Energy Usage	n.a.
Environmental Impact	Tungsten is transformed into Tungsten Carbide in the deposition process. Offer surplus recyclability
OSH Impact	Toxicologically inert. Gloves and safety glasses are recommended when processing
Output characteristics	n.a.

Análise dos resultados:

Tomando como partido os dados fornecidos pelo utilizador e executada a avaliação dos dados fornecidos, a seguinte análise apresenta os pontos fortes e pontos fracos da nanotecnologia que está a ser avaliada.

Classificação mais alta:

Económico – Um fator Económico com elevado valor na avaliação NTU representa uma mais valia para desenvolvimento de uma nanotecnologia. Este é um fator que influencia muito a decisão da viabilidade de um produto e que poderá ter um dos pesos mais notórios na decisão final para desenvolvimento de uma nanotecnologia.

Energético – Um fator Energético com elevado valor na avaliação NTU representa uma mais valia no desenvolvimento de uma nanotecnologia. As preocupações com gastos energéticos podem fazer a diferença de uma nanotecnologia ou processo de produção, indicando assim a viabilidade de aposta nesta. Assim quanto mais eficiente o processo produtivo, melhor será o parâmetro energético. Normalmente esta eficiente obtém-se utilizados processos mais atuais de produção.

Classificação mais baixa:

Concorrência - Um fator Concorrência com baixo valor na avaliação NTU representa uma dificuldade no desenvolvimento de uma nanotecnologia. Este fator é o que representa o tipo de inovação e a diferenciação do produto em relação aos seus concorrentes. O seu baixo valor pode implicar uma fraca implementação do produto no mercado. desenvolvimento e produção.
